

## 航空消防活動による火災被害阻止の研究

名 雪 健 一 笠 原 保 信  
平 賀 俊 哉 黒 田 靖 郎  
木 田 甫

自治省消防庁消防研究所

### Study on the Use of Airplane against Fire

By

K. Nayuki · Y. Kasahara · T. Hiraga · Y. Kuroda · H. Kida  
*Fire Research Institute, Ministry of Home Affairs, Tokyo*

#### Abstract

It is our intention to try to find out a possibility to curb a development or enlargement of a fire through an experiment to drop fire fighting chemical water from an airplane on wooden houses on fire on assumption that such a fire breaks out from a big earthquake.

The experiment is to be carried out in the following matter:

- 1) To see how effective it will be in curbing an enlargement or development of a fire when chemical water is dropped from an airplane on a group of wooden model houses.
- 2) To see how effective it will be when few any fire fighting foam liquid as is used to fight against that of gasoline tanks is dropped on a fire of houses from an airplane.
- 3) To see the safety in flight of a fire fighting airplane.

大震火災時木造密集家屋群に対し、航空機による空中からの消火液剤散布の延焼阻止、或いは地域住民の避難路確保等の目的をもって、従来当所で研究開発してきた空中消火法の手法、関連機器の導入により大震火災時被害阻止に対する技術方策について研究する。

その内容としては、次による。

#### 1. 木造模擬家屋群に対する液剤空中散布の延焼阻止効果の実験

木造密集家屋群を想定した木材堆積に消火液剤を空中散布し、散布帯の延焼阻止の可能性について検討。

#### 2. 危険物火災に使用する消火泡剤の空中散布特

性の実験。

街区に所在する危険物施設火災には消火泡剤を使用するが、泡剤の空中散布による特性、または泡剤使用の可能性につき検討。

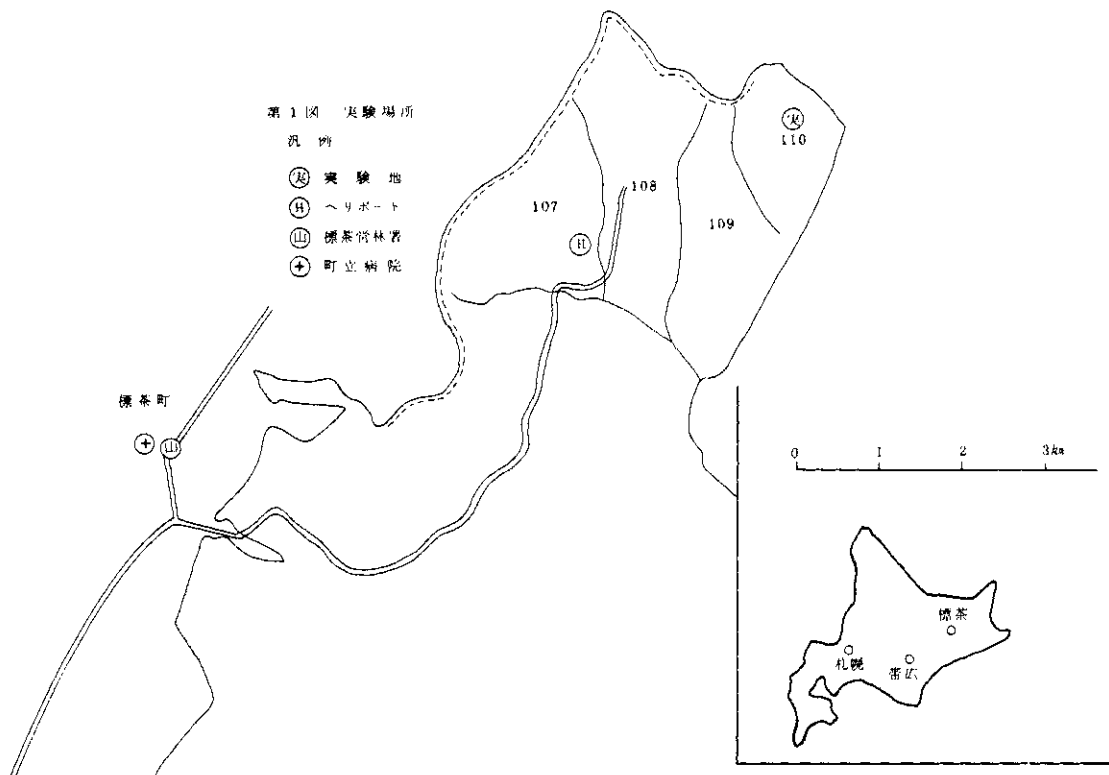
#### 3. 空中消火用機の飛行安全に関する研究

空中消火用機が散布機を懸吊して飛行する際の機速による散布機吹流れによって生ずる危険限界速度の検討と大震火災時の飛行可能限界の検討

#### 1. 木造模擬家屋群に対する液剤空中散布の延焼阻止効果の実験

##### 1.1 クリブによる実験

図1 実験場所



1.1.1 目的 木造密集家屋群を想定した木材堆積火災に対する消火液剤散布の延焼阻止の可能性およびその効果を実験により求める。

1.1.2 実験場所 北海道川上郡標茶 標茶営林署管内別寒辺台

1.1.3 実験実施期日 昭和47年8月19日より24日まで

1.1.4 実験参加機関

自治省消防庁防災課及び同庁消防研究所  
帯広消防本部標茶消防署  
防衛庁陸上自衛隊北部方面航空隊  
林野庁林業試験場及び同庁帯広営林局標茶営林署

1.1.5 実験実施要領 野外平地50m×30mに木造密集家屋群を想定した可燃物堆積としてクリブロック群を配置し、風下側端末に空中より消火液剤を散布した後、風上側端末に一線着火し延焼の速度経過と散布による延焼阻止効果を実測した。実験は2回実施し、第1回は燃焼状況把握の予備実験とし、第2回は延焼速度とともにその阻止効果を実測するものとした。これに併行して火点接近飛行安全確保の見地から延焼時の上空放射熱の計測、火点上昇気流最高速度の計測を併せ行った。

1.1.6 主要実験機材

使用航空機 中型ヘリコプター ベル  
204-B型 2機(写真1)

第2図 実験地

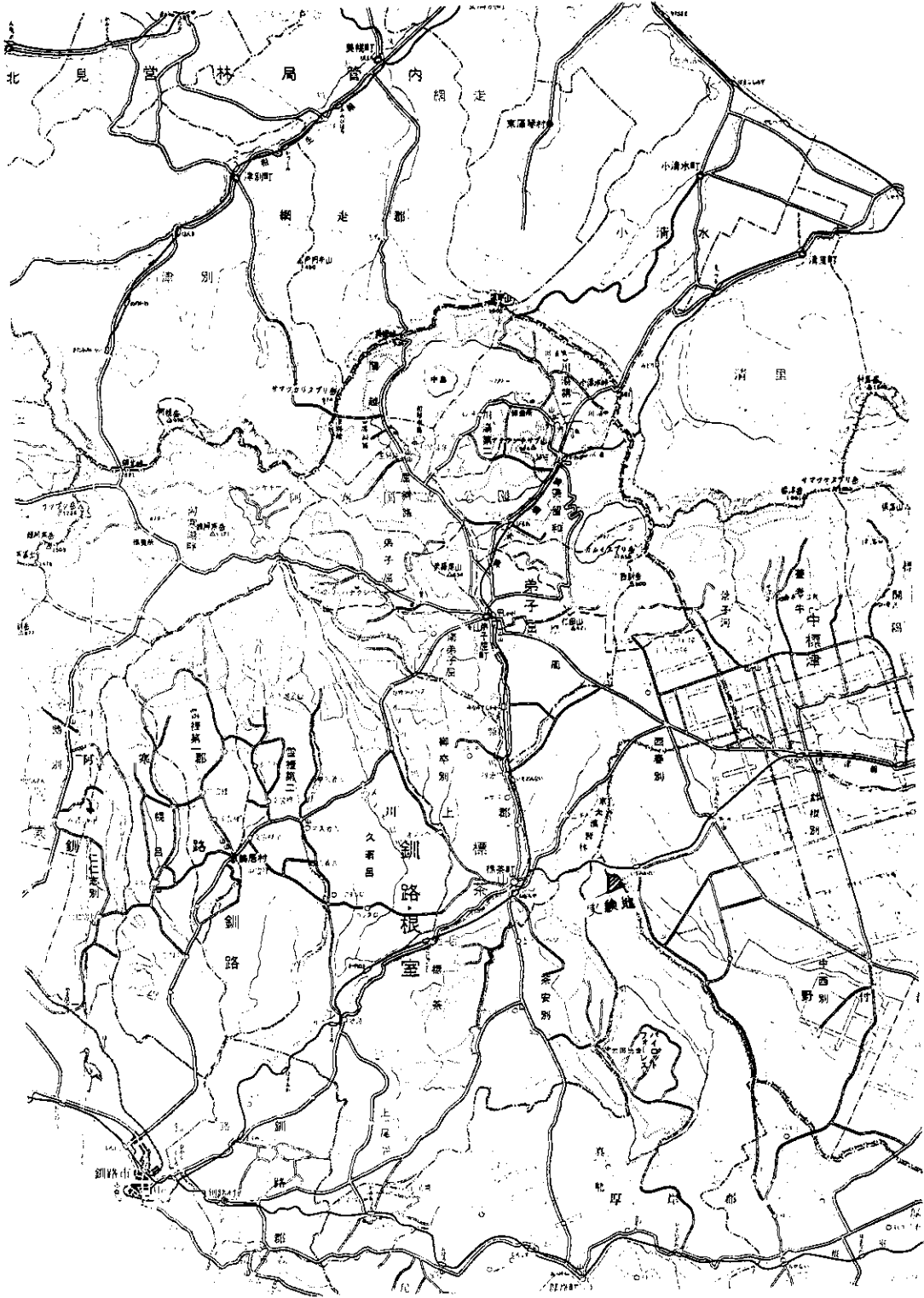


写真1 実験用機と供試散布機材



写真4 消火液剤混合調整機

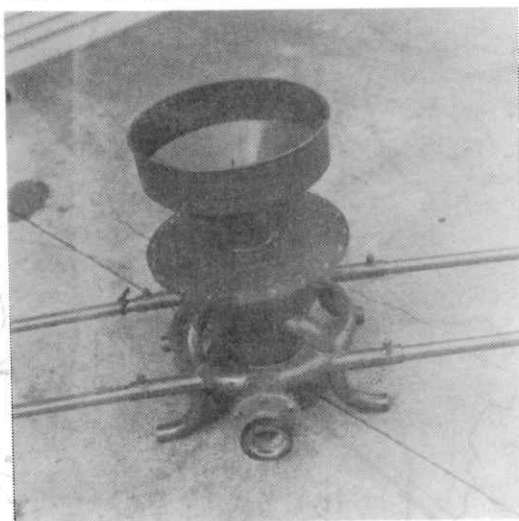


写真2 水のう型消火液剤散布機



写真5 消火液剤混合調整作業要素

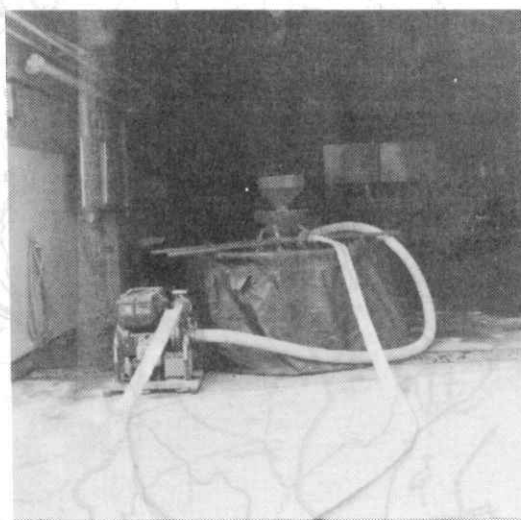
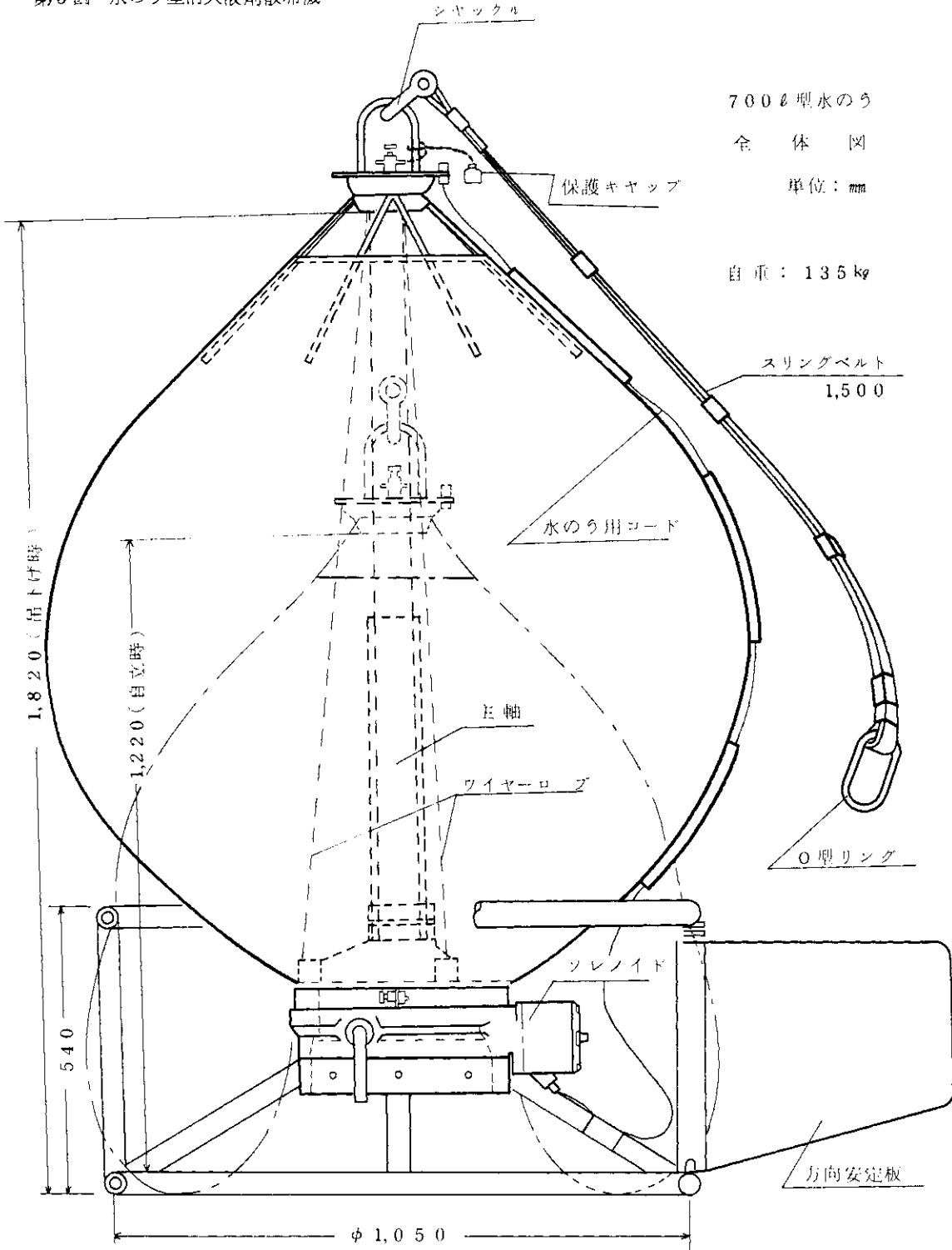


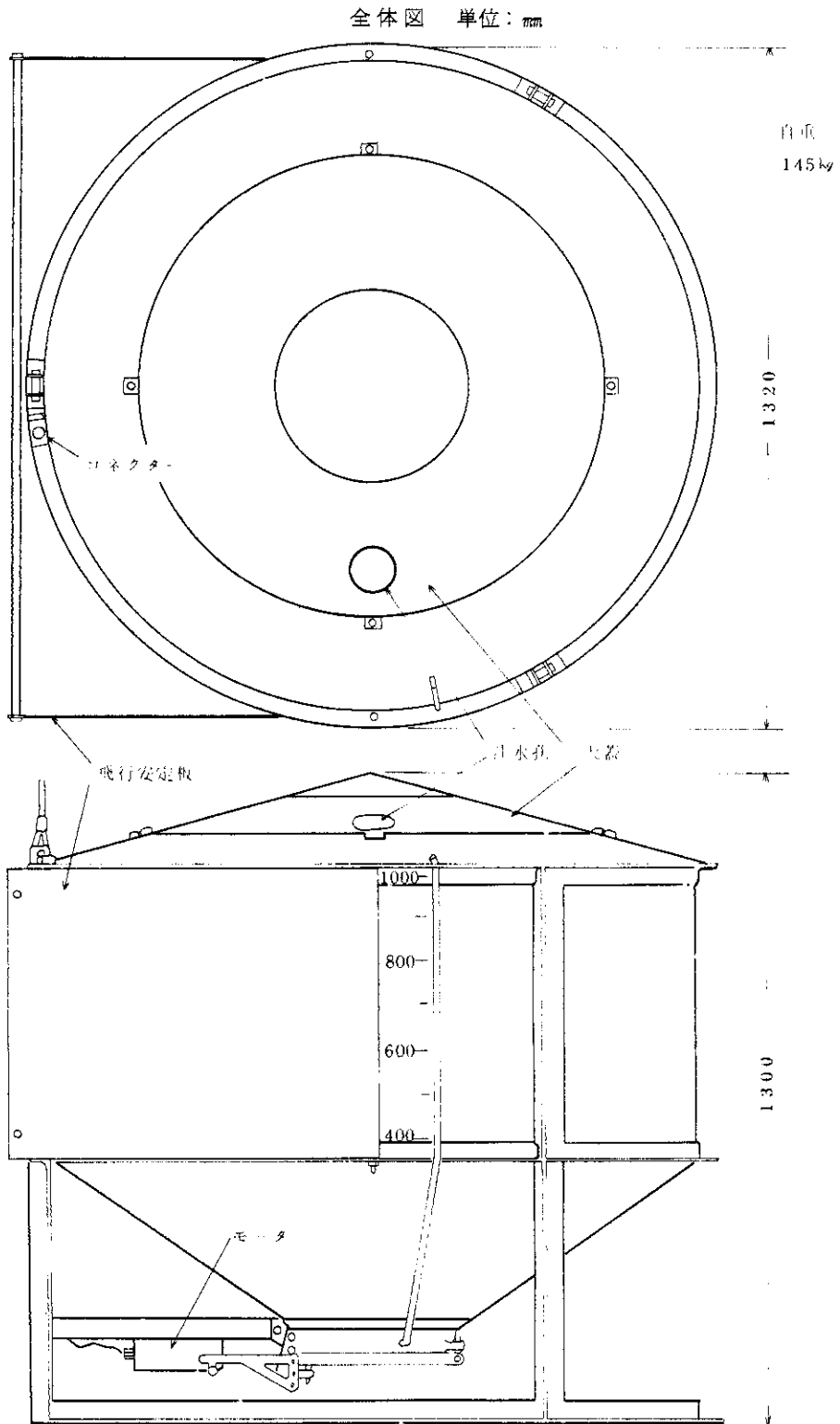
写真3 桶型消火液剤散布機



第8図 水のう型消火液割散布機



第4図 桶型消火液剤散布機



(陸上自衛隊所属HUIB型)

消火液剤散布機

水のう型消火液散布機 4個

桶型消火液散布機 2個

消火液剤混合調整機 1個

消火液剤 DAP15% + CMC1%

(写真-1~5)

### 1.1.7 実験条件

A、木材堆積配置(木造密集家屋想定)

第1回実験 堆積木材としてはクリブを使用し、その詳細配置について下記に示す。

クリブ用材 杉 木材 4.5 cm × 4.5 cm × 1.8 m

単クリブブロックの組立 長さ1.8 mのクリブ用材を縦、横に4段積みとし、1段に要する用材数は7本、計28本とする。

単クリブブロックの寸法 長さ、幅とも1.8 m、高さ1.8 m

単クリブブロックの重量 50 Kg

クリブブロックの配置 各単クリブブロックの間隔を0.7 mとし、縦列に20ブロック、横列に12ブロックを配置した。従って全クリブブロックの配置寸度は、縦列(東西方向) 約5.0 m (20ブロック) 横列(南北方向) 約3.0 m (12ブロック)

全クリブブロック配置面積 3.0 m × 5.0 m = 15.00 m<sup>2</sup>

全クリブブロック重量 50 Kg × 240 = 12 ton

単位面積当りクリブブロック重量 12 ton ÷ 15.00 m<sup>2</sup> = 8 Kg/m<sup>2</sup>

助燃材投入量 周辺刈払いの雑草枯乾材を全面に投入

クリブブロック配置面積 15.00 m<sup>2</sup>

1 m<sup>2</sup>当り助燃材投入量 3 Kg

全投入量 3 Kg × 15.00 = 45.00 Kg

全可燃物堆積量(1 m<sup>2</sup>当り)

8 kg(クリブブロック) + 3 kg(助燃材) = 11 kg

一般住宅における床面積1 m<sup>2</sup>当りの可燃物量は建物構造材として130 Kg/m<sup>2</sup>

全クリブブロック含水率実測

計測点No	含水率 %
No.1	14 15 15 16
No.2	14.5 15.6 16 19.8 20 24
No.3	14 14.5 15 15 16 17
No.4	16 16 17.2 23

上記より平均含水率=16.7% 計測点は乱数選定(23点)

第2回実験 堆積木材としてはクリブを使用し、その詳細配置については下記に示す。

クリブ用材 杉 木材 4.5 cm × 4.5 cm × 1.9 m

単クリブブロックの組立 長さ1.9 mのクリブ用材を縦、横に6段積みとし、1段に要する用材数は9本 計 54本

単クリブブロックの寸法 長さ、幅とも1.9 m 高さ4.05 cm

単クリブブロックの重量 94 Kg

クリブブロックの配置 各単クリブブロックの間隔を0.6 mとし、縦列に20ブロックを配置した。

配置寸度 縦列(東西方向) 約5.0 m (20ブロック) 横列(南北方向) 約3.0 m (12ブロック) 配置面積 3.0 m × 5.0 m = 15.00 m<sup>2</sup>

全クリブブロック重量 94 Kg × 240 = 22.5 ton

単位面積当りクリブブロック重量 22.5 ton ÷ 15.00 m<sup>2</sup> = 1.5 Kg/m<sup>2</sup>

助燃材投入量 周辺刈払いの雑草枯乾材を配置全面に投入

1 m<sup>2</sup>当り助燃材投入量 5 Kg

全投入量 5 Kg × 15.00 = 75.00 ton

全可燃物堆積量 1 m<sup>2</sup>当り 1.5 Kg(クリブブロック) + 5 Kg(助燃材) = 20 Kg/m<sup>2</sup>

全量 22.5 ton + 75.00 ton (助燃材) = 97.5 ton

全クリブブロック配置の含水率実測

計測点No	含水率%
No1	10 ~ 12
No2	10 ~ 15
No3	10 ~ 12

上記により平均含水率=11%、計測点は乱数選定(30点)

B、木材堆積配置に対する消火薬液空中散布

第1回実験

散布方法 クリブブロック配置に対し一線2回重複散布

散布用機 中型ヘリコプター HUIB型 2機(陸上自衛隊所属)

散布条件 第1回散布 第2回散布

機速 25kt 30kt (kt=ノット)

散布高度 30m 30m

供試散布機 水のう型 水のう型

散布薬液 MAP15%+CMC1%  
MAP15%+CMC1%

薬液散布量 700ℓ 700ℓ

散布範囲

散布延長×幅

100m×10m 100m×15m

散布面積概算

1000m<sup>2</sup> 1500m<sup>2</sup>

クリブブロック配置への液剤散布面積 いずれも 約160m<sup>2</sup>

クリブブロック配置散布密度

0.54ℓit/m<sup>2</sup>

散布パターンは図に示す(第5図)

第2回実験

散布方法 クリブブロック配置に対し一線2回重複散布

散布用機 中型ヘリコプター HUIB型2機(陸上自衛隊所属)

散布条件

第1回散布 第2回配布

機速 35kton 25Kton

散布高度 30m 30m

供試散布機 水のう型 水槽型

散布薬液 MAP. 15%+CMC.1%  
700ℓ 700ℓ

散布範囲

散布延長×幅

100m×10m 100m×15m

散布面積概算

1000m<sup>2</sup> 1500m<sup>2</sup>

クリブブロック配置散布面積

約158m<sup>2</sup>

クリブブロック配置散布密度

平均0.59ℓit/m<sup>2</sup>

散布パターンは図に示す。(第6図)

1.1.8 実験結果 前出諸条件下に風上側に一線着下し火災進展速度と液剤散布等による延焼阻止状況を実測し次の結果を得た。

第2回実験

延焼並に延焼阻止状況実測表(表1)

第2回実験

延焼進展経過と阻止線(第7図)

第2回実験

延焼速度曲線と延焼阻止曲線(第8図)

1.1.9 実験の考察

消火液剤空中散布による延焼阻止効果実験

1) 微風下に(0.5~2m/S)の可燃堆積20Kg/m<sup>2</sup>、燃焼時の延焼速度は本実験の場合、延焼中央部において約1.5/分側端部では約1.0m/分であった。

2) 本実験は実家屋群の火災規模想定に対し、可燃物量等の諸条件は小さく、約1/4程度とした。

3) 実験の延焼進展に対し、消火液剤散布密度0.58ℓit/m<sup>2</sup>の散布帯では火勢を完全に阻止し鎮火に至らしめ、その効果を確認するとともにその可能性の目途を得た。

4) 本実験結果の実火災への応用については、今後なお実家屋規模、並びに各種風速に対する実験を経由する必要がある。

1.2 火災上昇気流最高温度実測

空中消火用機が火点直上に接近活動するに当たって飛行の安全を確保し得る接近高度を限定する必



第2回実験 延焼並に延焼阻止状況実測表

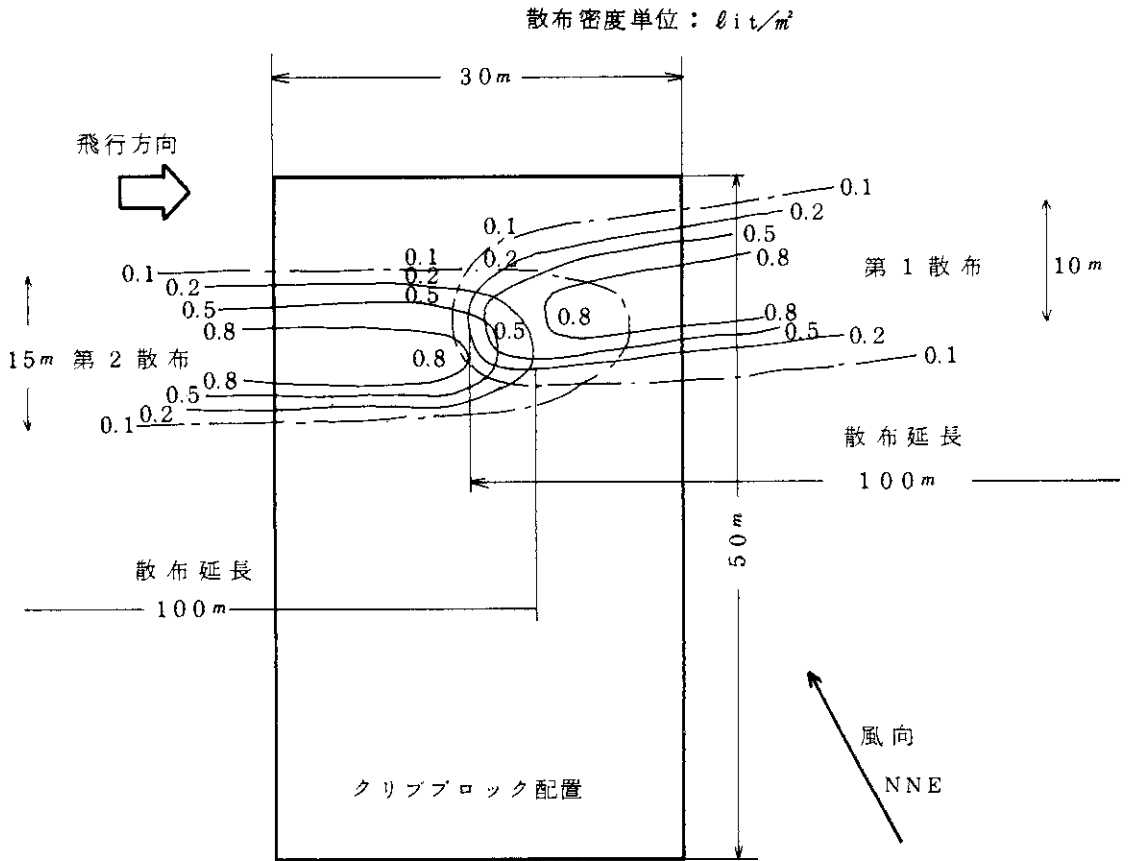
表一1

時刻	経過時間	火線先端		火線後尾		備考
		延焼距離	平均延焼速度	延焼距離	平均延焼距離	
12h55'	着火	0m	0m/分	0m	0m/分	
1h06'	11' 後	17	1.5	5	0.45	
07'	12'	17	1.4	6	0.5	
08'	13'	20	1.5	10	0.75	
09'	14'	22.5	1.6	11	0.75	
10'	15'	22.5	1.5	11	0.7	
11'	16'	26.5	1.7	11	0.7	
12'	17'	27.5	1.6	15	0.85	
13'	18'	27.5	1.5	16	0.9	
14'	19'	28	1.5	16	0.8	
15'	20'	29	1.45	17.5	0.9	
16'	21'	30	1.4	17.5	0.8	
17'	22'	31.5	1.4	20	0.9	
18'	23'	31.5	1.35	20	0.9	
19'	24'	32.5	1.35	20	0.8	
20'	25'	32.5	1.3	22.5	0.9	
21'	26'	32.5	1.25	22.5	0.9	
22'	27'	34	1.25	24	0.9	
23'	28'	34	1.2	25	0.9	
24'	29'	35	1.2	25	0.9	火線先端 散布線到達
25'	30'	35		26	0.9	
26'	31'	35		26	0.8	
27'	32'	35	散布線 到達	29	0.9	
28'	33'	35	散布線 到達	29	0.9	
29'	34'	35	散布線 到達	31	0.9	
30'	35'	35	散布線 到達	32	0.9	火線後尾 散布線到達
31'	36'	35	散布線 到達	32		
32'	37'	35	散布線 到達	32		
33'	38'	35	散布線 到達	32		
34'	39'	35	散布線 到達	32		
35'	40'	35	散布線 到達	32		
36'	41'		散布線 到達			
37'	42'		散布線 到達			
38'	43'		散布線 到達			

第5図 散布パターン

第1回 実験

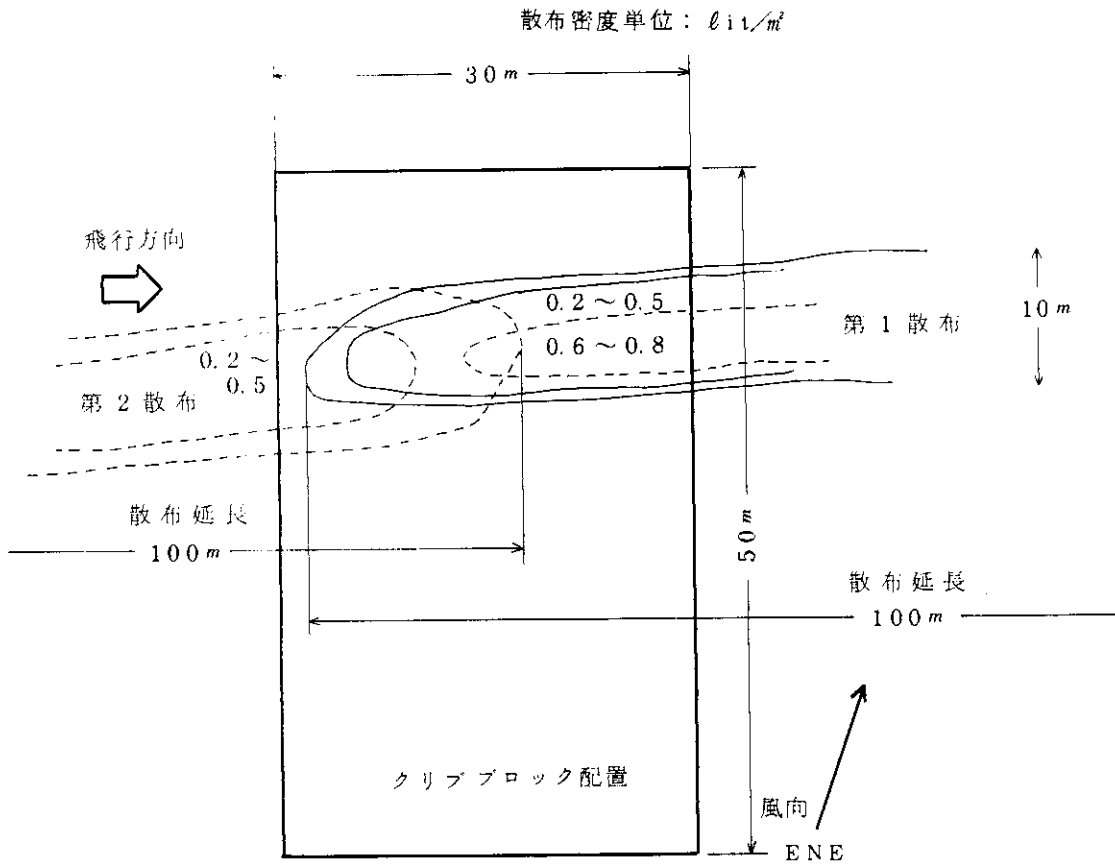
散布状況及び気象



散布時気象状況

期 日	時 刻	天 候	気 温	湿 度	風 速	風 向
47年 8月23日	10 <sup>4</sup> 30 <sup>0</sup>	晴	18.2 <sup>o</sup>	67%	0.5 m/s	SSE
	10 <sup>4</sup> 40 <sup>0</sup>	〃	19.2	59	-	NNE
	11 <sup>1</sup> 00 <sup>0</sup>	〃	19.0	59	0.5~1.0	〃
	11 <sup>1</sup> 30 <sup>0</sup>	曇	19.3	58	0.5~1.0	〃

第6図 散布パターン

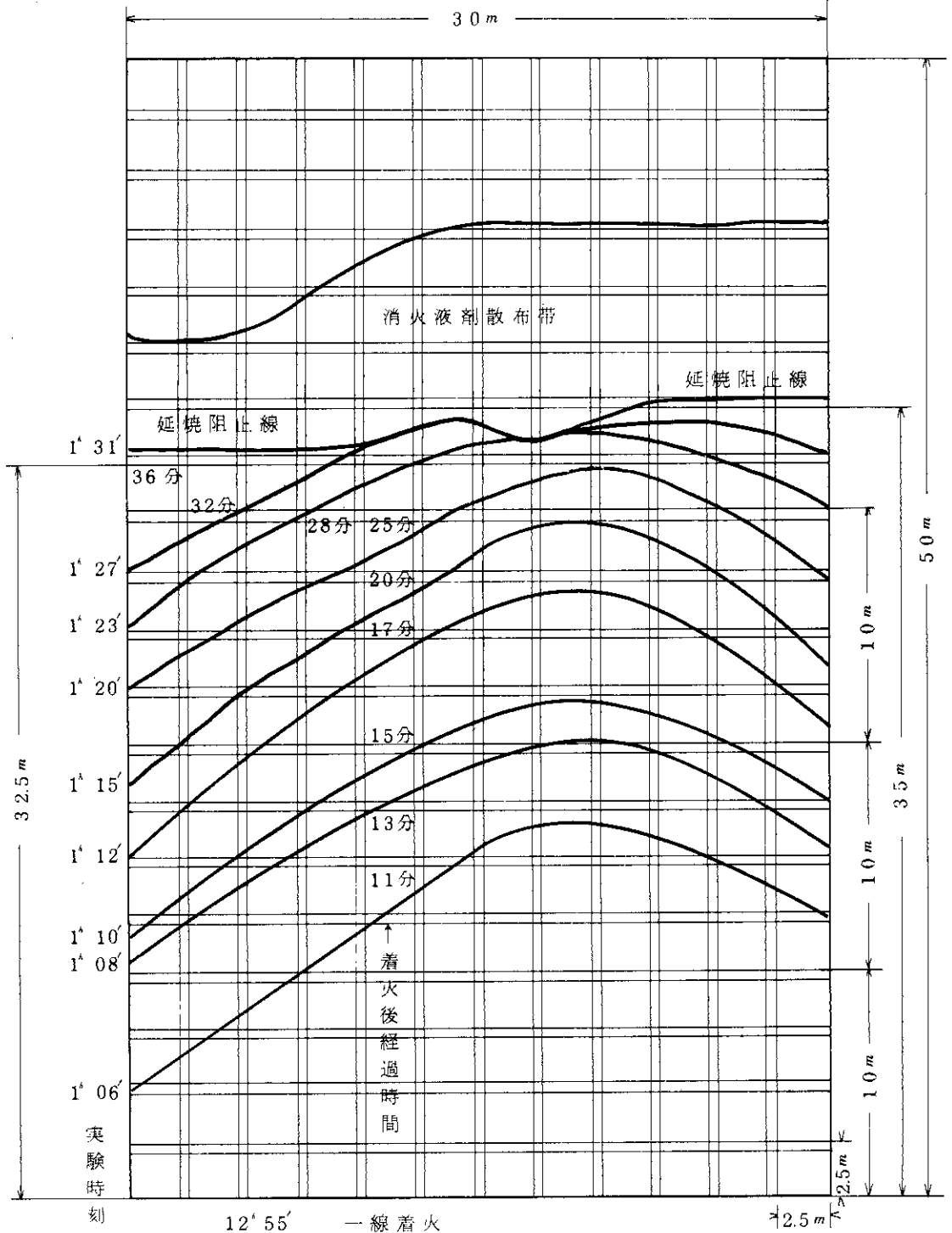


散布時気象状況

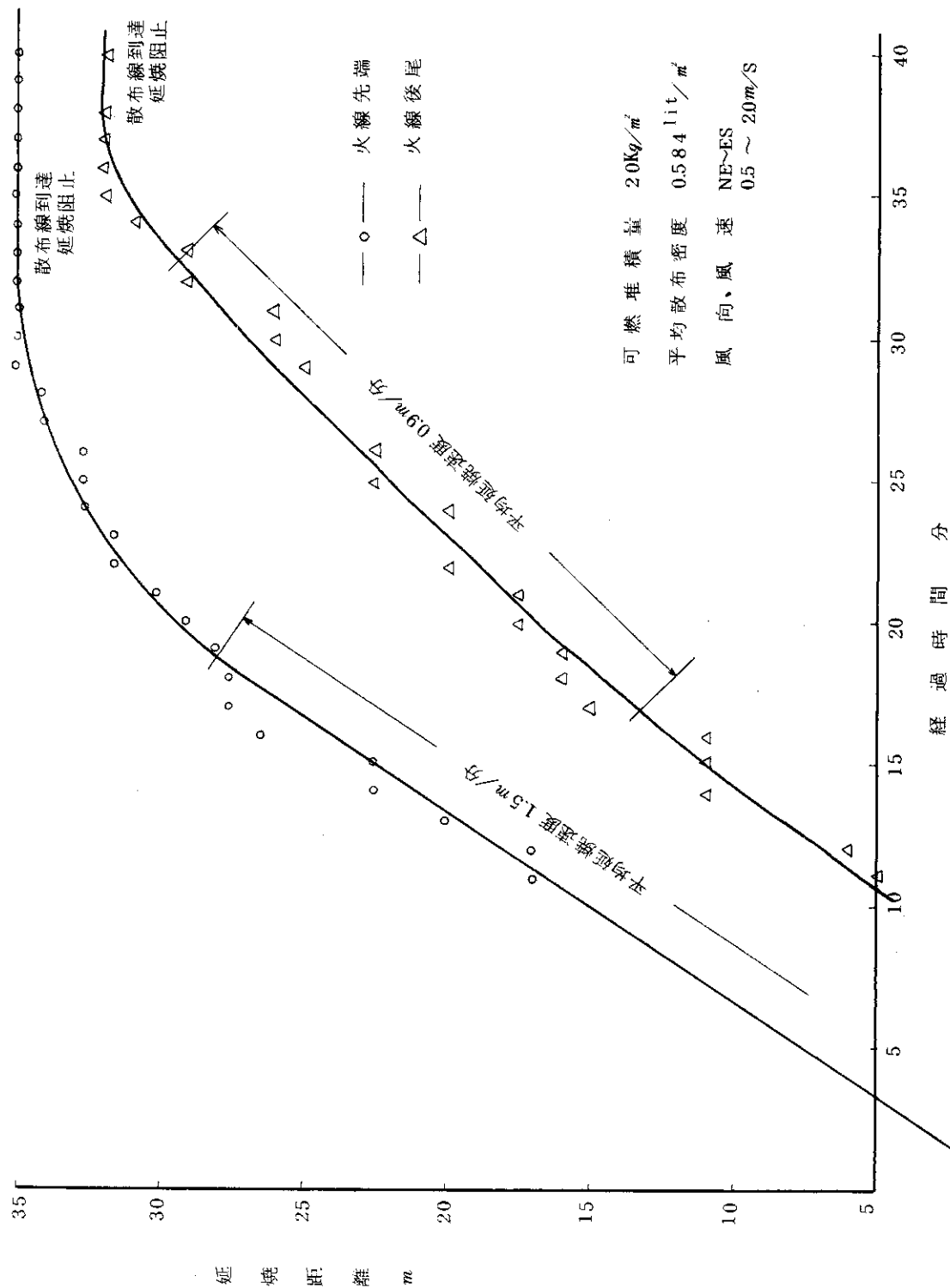
期日	時刻	天候	気温	湿度	風速	風向	
47 8月24日	9 <sup>h</sup> 30'	晴	17 <sup>°C</sup>	66%	2.0 m/s	NE~ENE	
	1000	"	18.0	68	1.0	"	
	1100	"	18.0	67	2.5~3.0	"	
	1200	"	18.0	68	0.5~1.0	"	
	1230	"	17.5	64	0.5	NE~ESE	
	実験期間 {	1300	"	19.0	62	0.5	NE~ES
		1330	"	19.5	61	1.5~2.0	"
1400		"	20.0	55	0.5~2.0	"	

第7図 第2回実験 延焼進展経過と阻止線

クリブブロック配置  
縦列 20ブロック  
横列 12ブロック



第8図 第2回実験 延焼速度曲線と延焼阻止曲線



要がある。このため火点直上の火炎上昇気流の最高温度を実測した。(8月24日)

### 1.2.1 計測要領

実験区内3ヶ所に可及的高い(10m)ポールを直立し、地上各高さ(2、4、6、8、9、10m)のポール表面に感温度色材(サーモクロヨン、サーモワッペン)を塗布または貼布し、地上配置の可燃堆積物燃焼の後、感温度色材の変色々調により各高さにおける最高温度を確認した。(表-2)

#### 感温度色機の感温範囲

##### サーモクロヨン

200℃～395℃～465℃

##### サーモワッペン

70℃85℃90℃105℃125℃

### 1.1.2 実験の考察

#### 火炎上昇気流最高温度について

1) 火点上空10mの気流最高温度はいつでも約100℃火点中心部では地表2mにおいて465℃弱を示し、大略直線的な温度変化の傾向が見られた。

2) 目視による熱上昇気流の上昇性状は今の実験では直上25mにて気流集束し、直上40mにて周辺に急拡散する傾向が見られた(第10図)

3) 本実験の規模では火点直上飛行にあっても、その気流温度による飛行危険は直近以外予測されない。

4) 本実験の計測高さは地上10mまでであるが、実用最適飛行高度の30m～50mでの気流温度は未確認ではあるが、実験結果から常温に近いと予想される。

5) 飛行安全確保のためにはこのほか上昇気流温度をも把握確認する必要があるが、今の実験ではこれを実測し得なかった。

### 1.3. 受熱放射量計測実験

空中消火用機が火点直上に接近始動するに当

て、飛行の安全を確保し得る接近高度を限定する必要に対し、また想定火災の火勢、その消滅状況を把握するため、想定火災の地上側面、及び空中に在るヘリコプター上より経過時間に対する放射熱量を計測した。

#### 1.3.1 計測要領

地上側面より放射熱計測 想定火災側面に3基の放射熱量計を火災側端から各10mの距離の間隔に配置し、それぞれ、火災初期、中期、終期の火勢態様に依り記録した。

#### 空中よりの放射熱計測

想定火災の中心より60mの位置に計測ヘリコプターを占位させ、ヘリ上より火勢の終始についてその放射熱量を計測記録した。計測ヘリは本来火点直上占位が望ましいがその吹降し風による火勢じょう乱を考慮し、これを避けた。

#### 1.3.2 実験の考察

##### 受熱放射量計測について

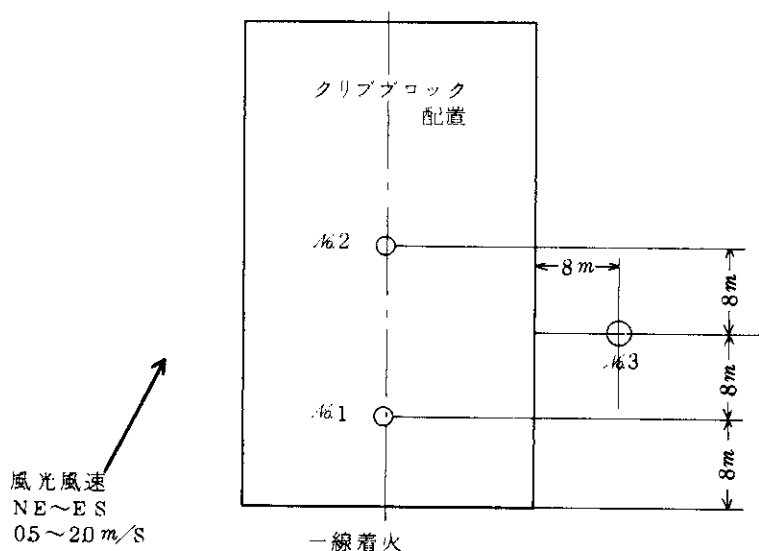
1) 放射量計測結果は想定火災の発生および消火液剤散布帯における抑制鎮火を時間的にこれを良く示している。

2) 地上側面よりの放射熱量最大は火点中心より25m位置にて、 $1.0 \times 10^3 \text{ kcal/m}^2\text{-hr}$ であり、実規模火災に比し小さいが、その対比は今後行うものとした。

3) 空中よりの放射熱量最大は直線90m位置にて $0.18 \times 10^3 \text{ kcal/m}^2\text{-hr}$ であり、火点直上を避けたが、直上飛行はヘリの下降風による火勢じょう乱を考慮した。

4) 気流拡散高度では新気との混流により上昇速度、気流温度ともに急減が予測され、直上飛行の危険に対してはヘリの下降気流を加えて安定飛行障害はないものと予測する。

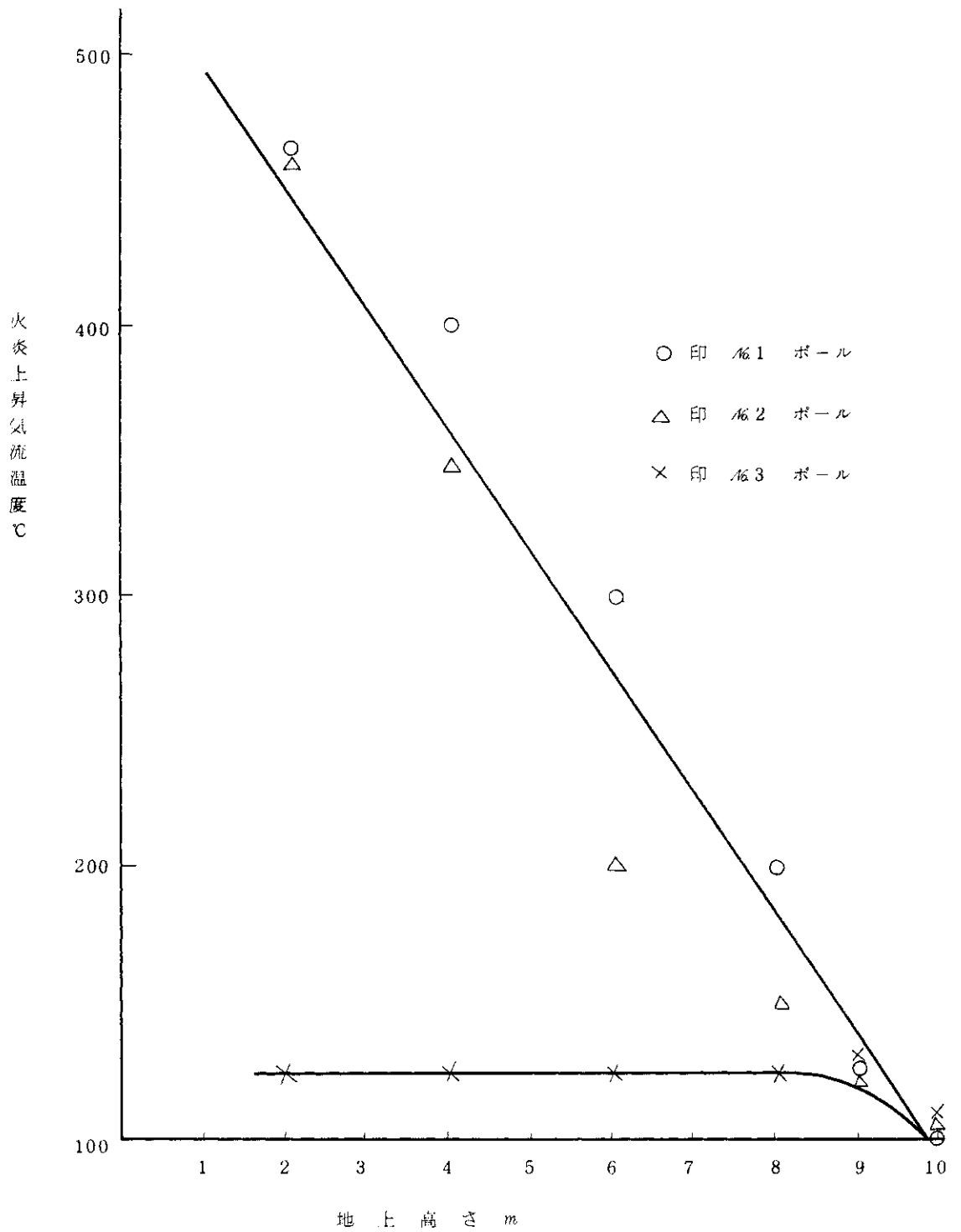
表-2 測温ボール位置および計測結果



測温結果

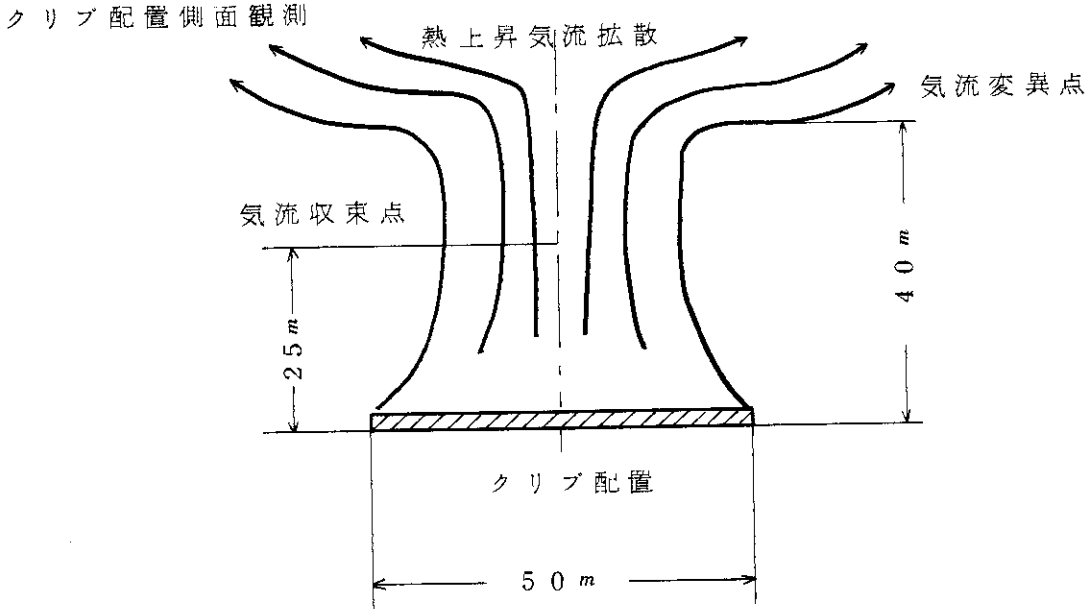
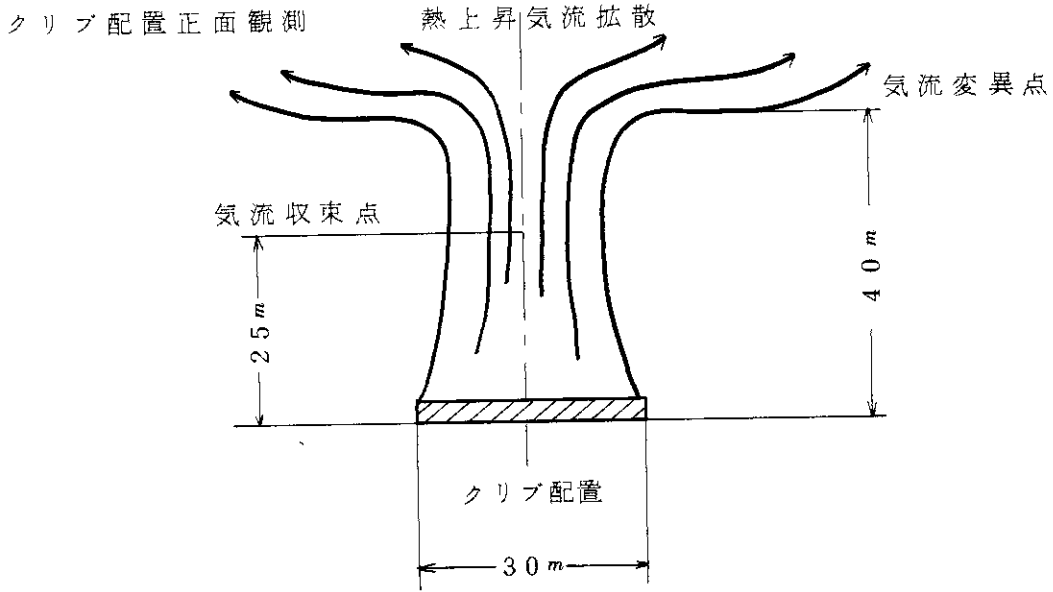
高さ	ボール No.1	ボール No.2	ボール No.3
10 m	100℃	105℃	105℃
	125℃ 稍変色		
9 m	125℃	125℃	125℃
8 m	200℃	150℃	125℃
	200℃ 完全変色	125℃ 完全変色	
		200℃ 変色 弱	
6 m	300℃	200℃	125℃
	200℃ 完全変色		
	395℃ 稍変色		
4 m	400℃	350℃	125℃
	465℃ 変色 弱	200℃ 完全変色	
		395℃ 変色 弱	
2 m	>465℃	>465℃	125℃

第9図 各地上高さにおける火炎上昇気流温度

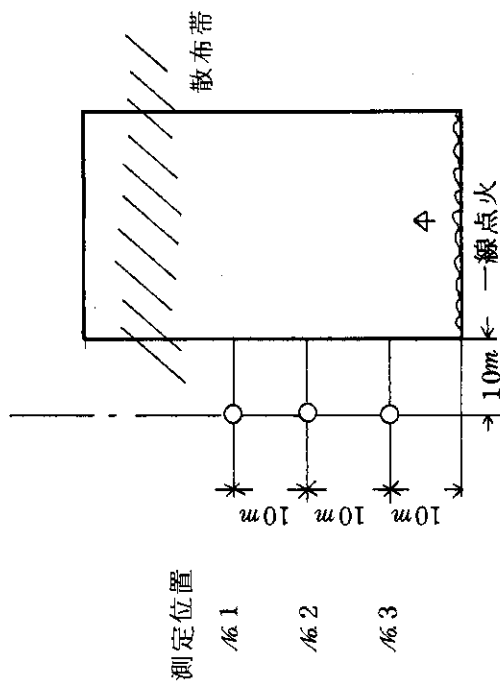
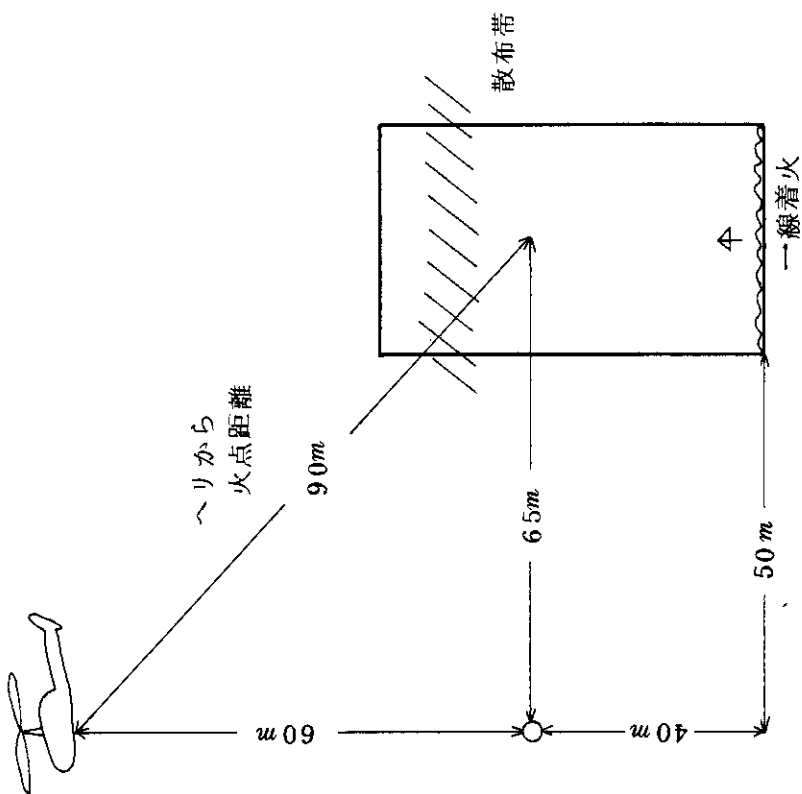




第10図 熱上昇気流拡散目視図



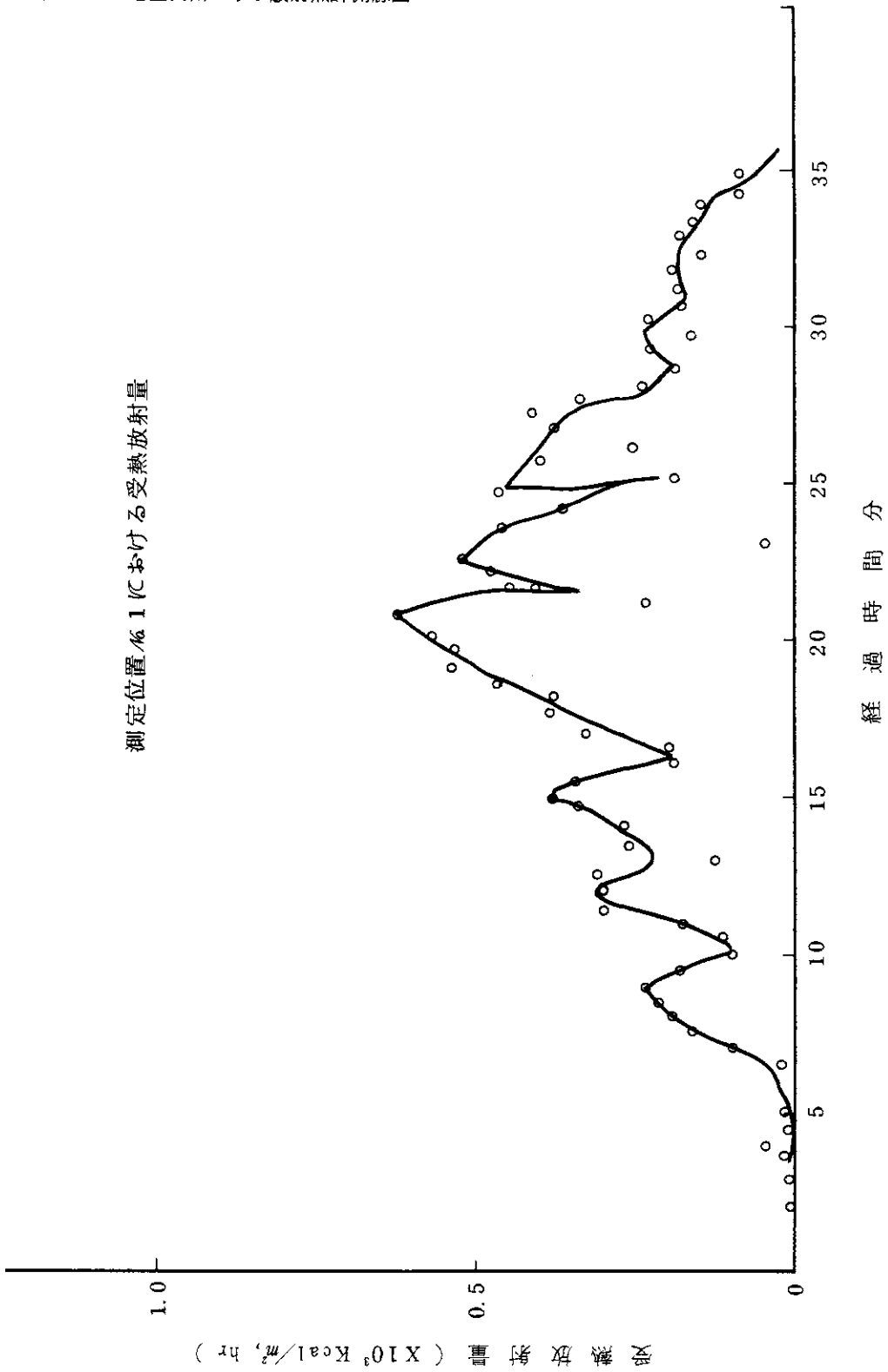
第 11 図 放射熱計測位置図



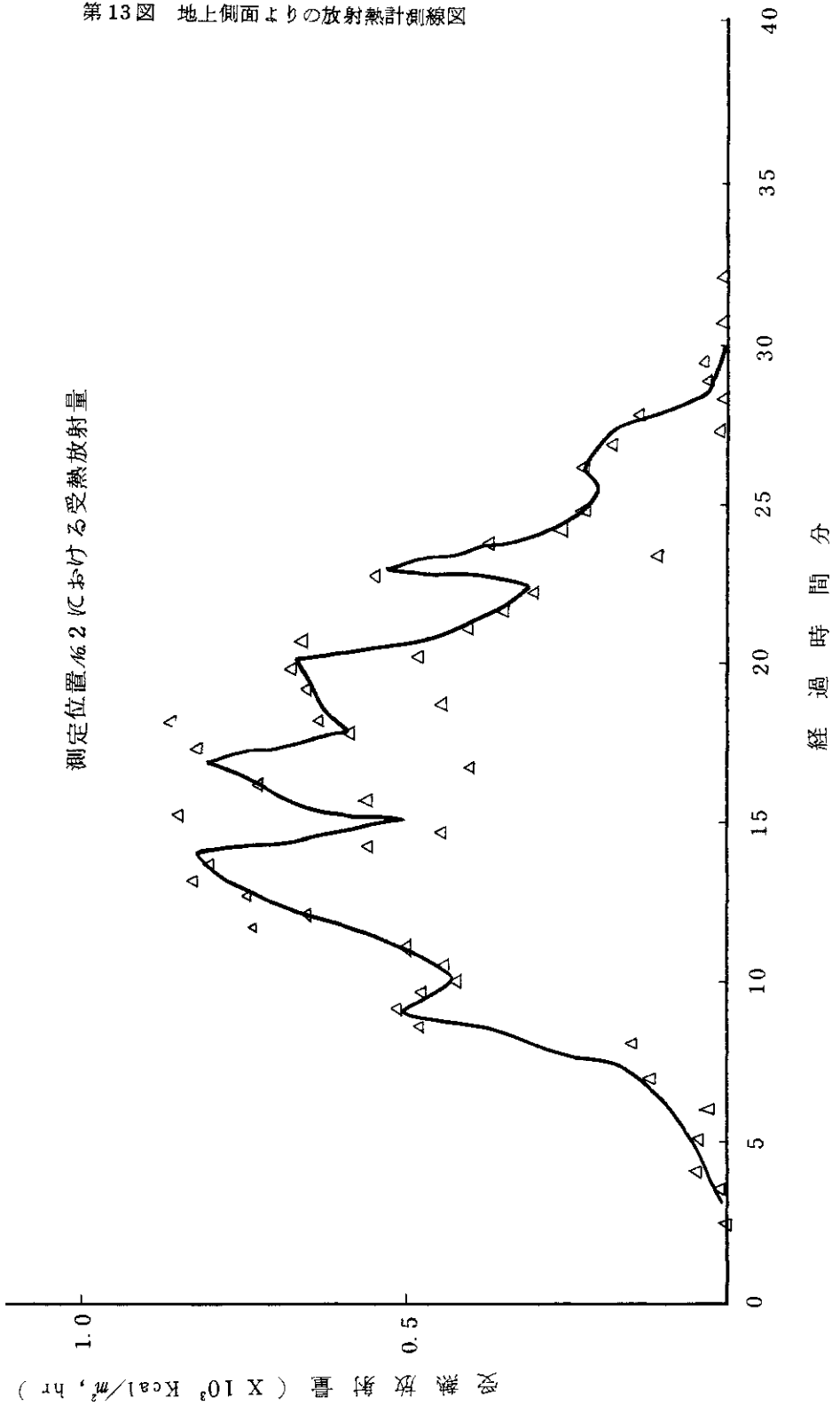
放射熱測定空中位置図

放射熱測定地上位置図

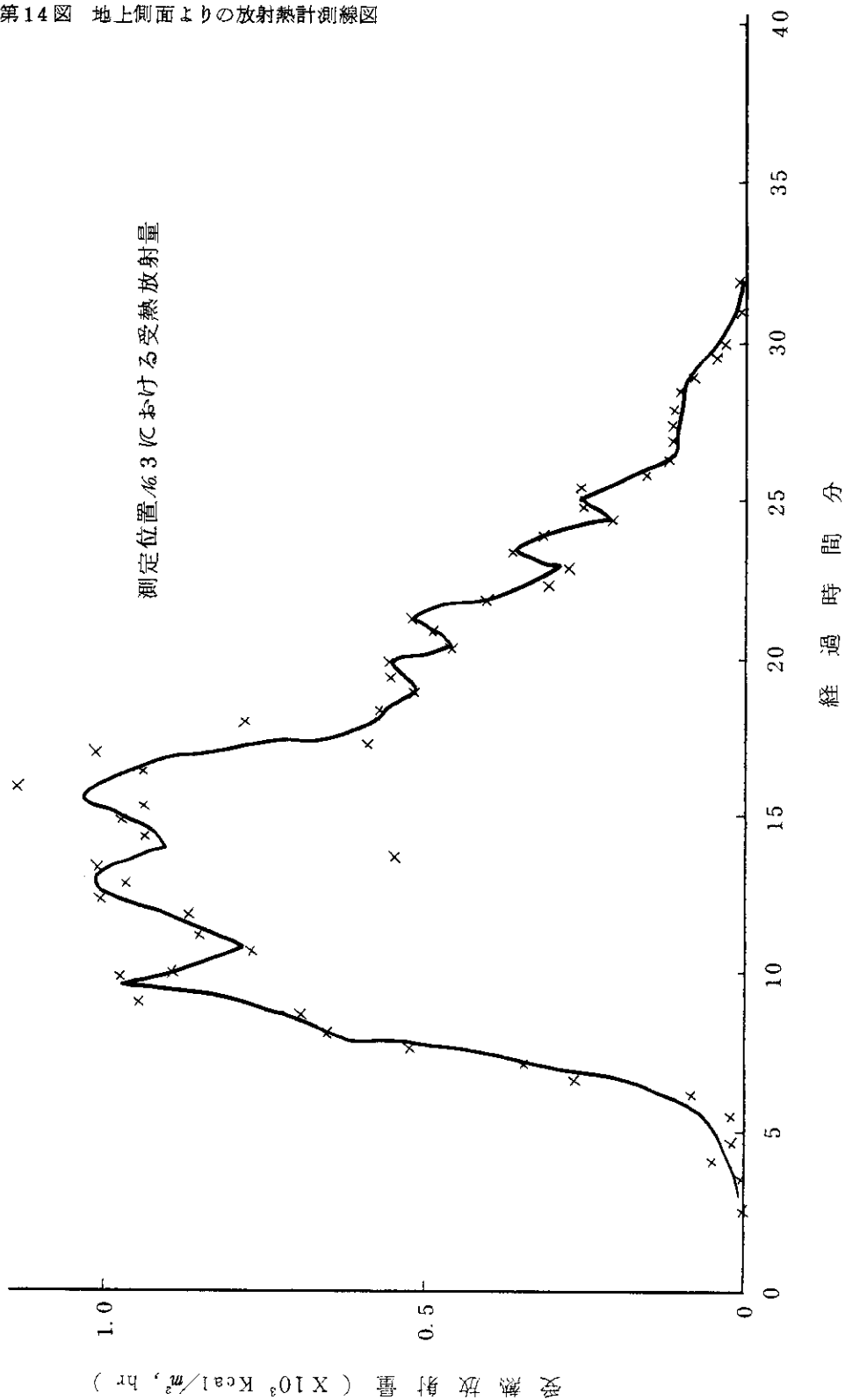
第12図 地上側面よりの放射熱計測線図



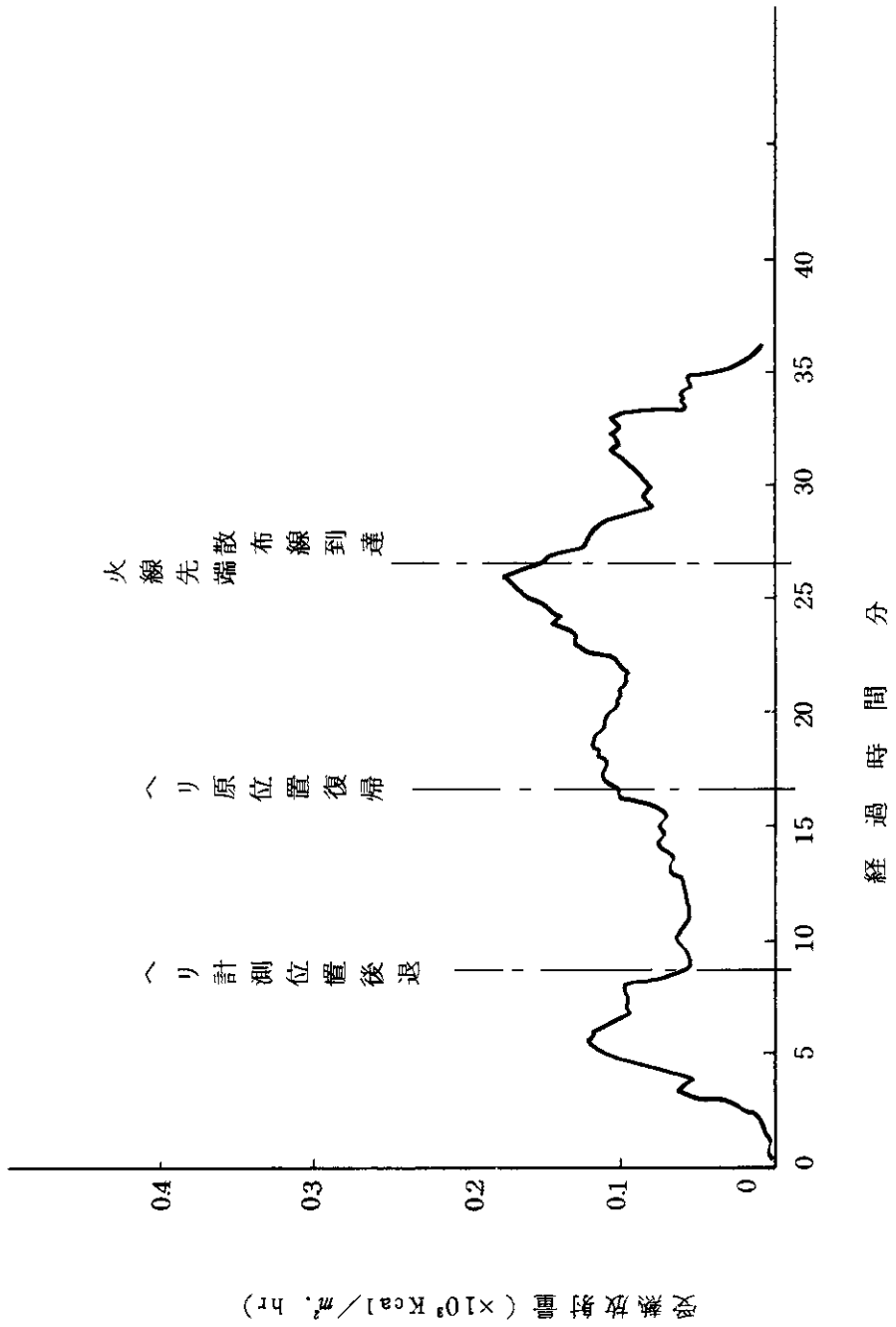
第13図 地上側面よりの放射熱計測線図



第14図 地上側面よりの放射熱計測線図



第15図 空中よりの放射熱計測線図



## 2. 危険物火災に使用する消火泡剤の空中散布特性

2.1 目的 大震火災対策として航空消防活動による被害阻止の研究は、主として密集木造家屋群を対象として推進しているが、現実には石油類集積貯蔵所等危険物施設も混在する処から、これら施設火災に対する泡消火剤の適用による空中消火の可能性を検討するため、空中散布による泡消火剤の性状を実験より求めた。

2.2. 実験場所 岐阜県各務原市蘇原三柿野  
航空自衛隊岐阜基地内川崎重工工業株式会社附属飛行場

2.3 実験実施期日 昭和47年3月21日より25日まで

### 2.4 実験参加者と分担

消防研究所第3研究部	消防機械研究室
実験指揮、記録	名雪 健一
実験進行調整	笠原 保信
実験計測	平賀 俊哉
実験補給、記録	黒田 靖郎

### 2.5 実験実施要領

#### A 消火泡剤地上放出実験

内容積 700 litの試作圧力タンクに泡剤溶液 300 litを入れ 6 Kg/cm<sup>2</sup>の圧縮空気を充填し、400 lit型ノズルを使用し、地上面これを放出、この時の膨張率その他を計測した。実験使用消火泡剤は次の2種 消火用蛋白剤、消火用界面活性泡剤

#### B 消火泡剤空中放出実験

試作圧力タンクをヘリコプターに頭吊飛行し、空中より前記地上放出実験と同様条件下に放出した時の消火泡剤の物理的特性、散布並びに損の状況を把握した。

ヘリコプター機速	: 0 (空中停止)
ヘリコプター地上高度	: 40 m
泡剤放出口地上高度	: 35 m
供試消火泡剤	: 2種 (蛋白泡剤、界面活性泡剤)
泡剤容液量	: 300 lit
泡剤放出口	: 400 lit型泡用ノズル
タンク圧力	: 6 Kg/cm <sup>2</sup>

#### C 消火泡剤空中放出による消火実験

前項で実施した空中放出特性、特に散布パターンを基にし、散布中心に油類模型火災を配置し、泡剤放出による消火の効果について検討した。

ヘリコプター機速	: 0 (空中停止)
ヘリコプター地上高度	: 40 m
供試消火泡剤	: 2種 (蛋白泡剤、界面活性泡剤)
泡剤容液量	: 300 lit
泡剤放出口	: 400 lit型ノズル
タンク内圧力	: 5.9 Kg/cm <sup>2</sup>
供試火災現場	: 油類模型火災B-1型
供試燃料量	: ガソリン 87 lit
模型火災面積	: 2 m <sup>2</sup>

#### 2.6 主要実験資材

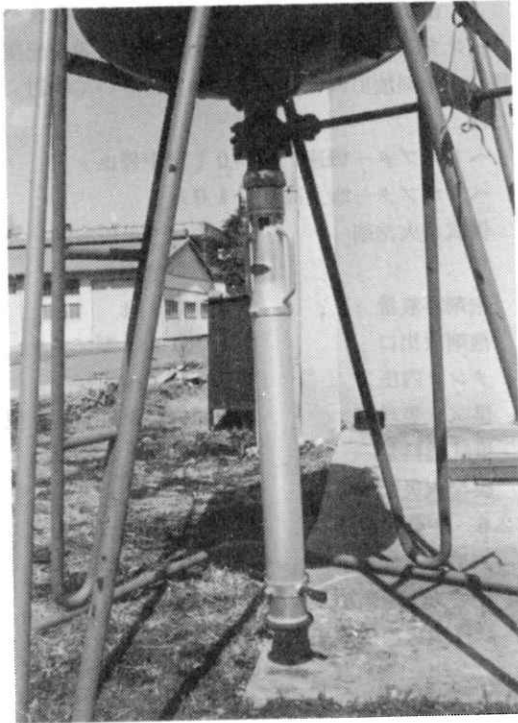
大型ヘリコプター バートル107型 1機  
(川崎重工所屬機)  
試作消火泡剤溶液圧力タンク  
2基 (写真6~7)

写真6 供試泡剤圧力タンク



(公認)

写真7 泡剤放出ノズル



消火泡剤原液 a、蚤白泡剤原液 3%型（深田工業社製）

b 界面活性泡剤原液 6%型（3N社製ライトウォーターFC-194）

## 2.7 実験結果

### A 消火泡剤地上放出実験

#### 第1回 界面活性泡剤

泡剤原液量 300 lit  
 泡剤溶液タンク内圧 6.0~5.9Kg/cm<sup>2</sup>  
 泡剤放出所要時間 1分55秒  
 放出ノズル型式 深田工業製400lit型  
 放出ノズル指向 水平指向（地上1m）  
 放出パターン寸度（第16図）  
 長楕円 長さ11m 巾7m 泡厚20cm  
 （最高）

放出泡被復面積 約60m<sup>2</sup>  
 放出泡概算容積 約3m<sup>3</sup>  
 放出泡算定倍率 約7~9倍  
 放出泡性状 泡粒被膜極めて薄く透明、含水  
 少なし、放出直後より外周の泡損耗し、中  
 央部のみ残存、（放射時の中央部泡高さ20  
 cmなるも、直後10cmに遁減）

#### 第2回 蚤白泡剤

泡剤原液容量 300 lit  
 泡剤溶液タンク内圧 6.0~5.9Kg/cm<sup>2</sup>  
 泡剤放出所要時間 1分57秒  
 放出ノズル型式 深田工業製400lit型  
 放出ノズル指向 水平指向（地上1m）  
 放出パターン寸度（第17図）  
 長楕円 長さ16m 巾4m 泡厚20cm  
 （最高）

放出泡被膜面積 約22.5m<sup>2</sup>  
 放出泡概算容積 約3.5m<sup>3</sup>  
 放出泡算定倍率 約7~9倍

放出泡性状 泡粒被膜含水充分な白色正常泡、  
 堆積は均等分布し持続安定にして損耗少な  
 い。（放射後10分にして泡安定、変化なし）

第3回 蚤白泡剤 前記1~2回実験と同様条  
 件に放出ノズルのみ800lit型（深田工業  
 製）と短秒時放出性状を検討した。

泡剤放出所要時間 45秒

放出泡性状 発泡極めて不良にして、その大  
 部は溶液散布となり、一部の発泡は放出落  
 下後直ちに損耗堆積せず。

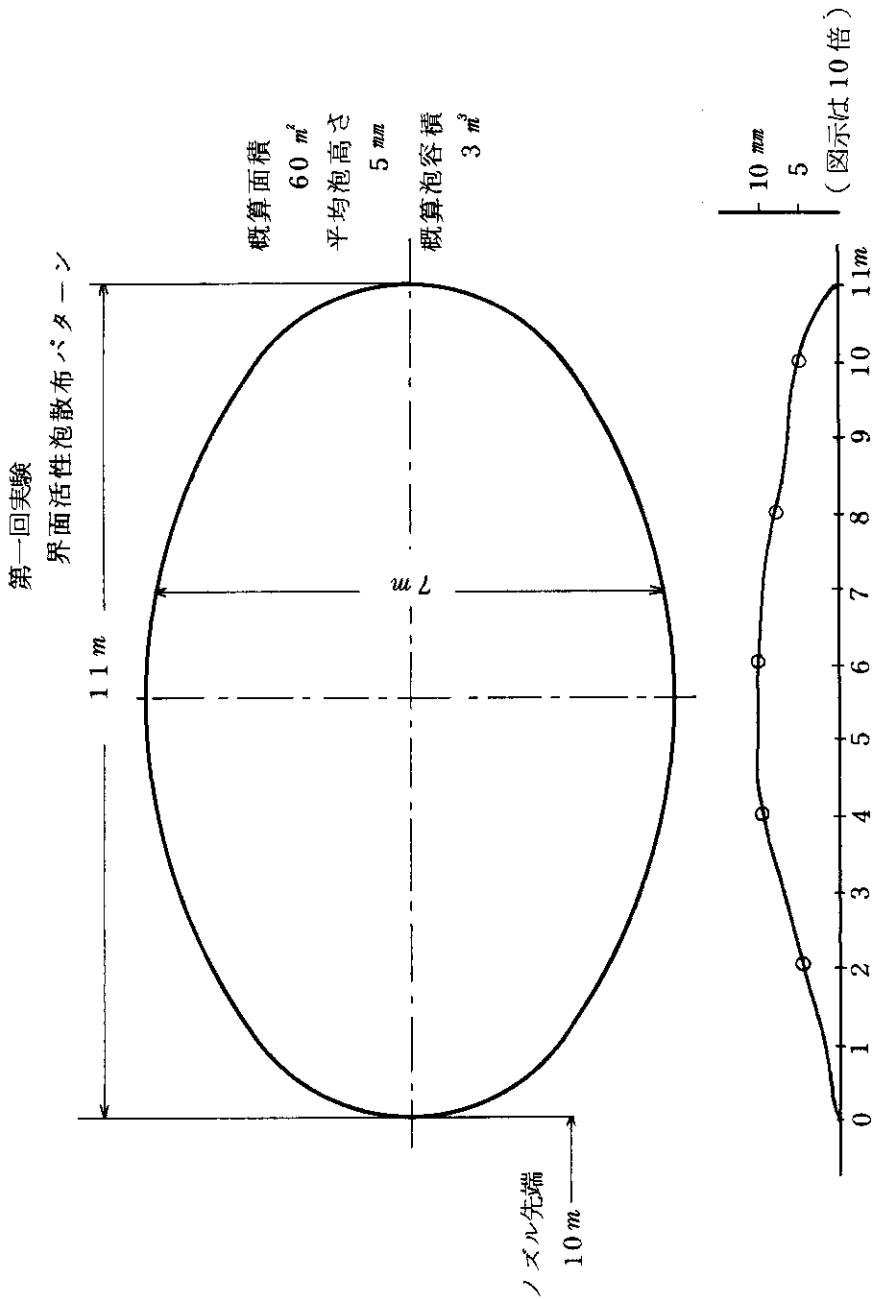
### B 消火泡剤空中放出実験

次の諸条件下に4回の実験を行なった。

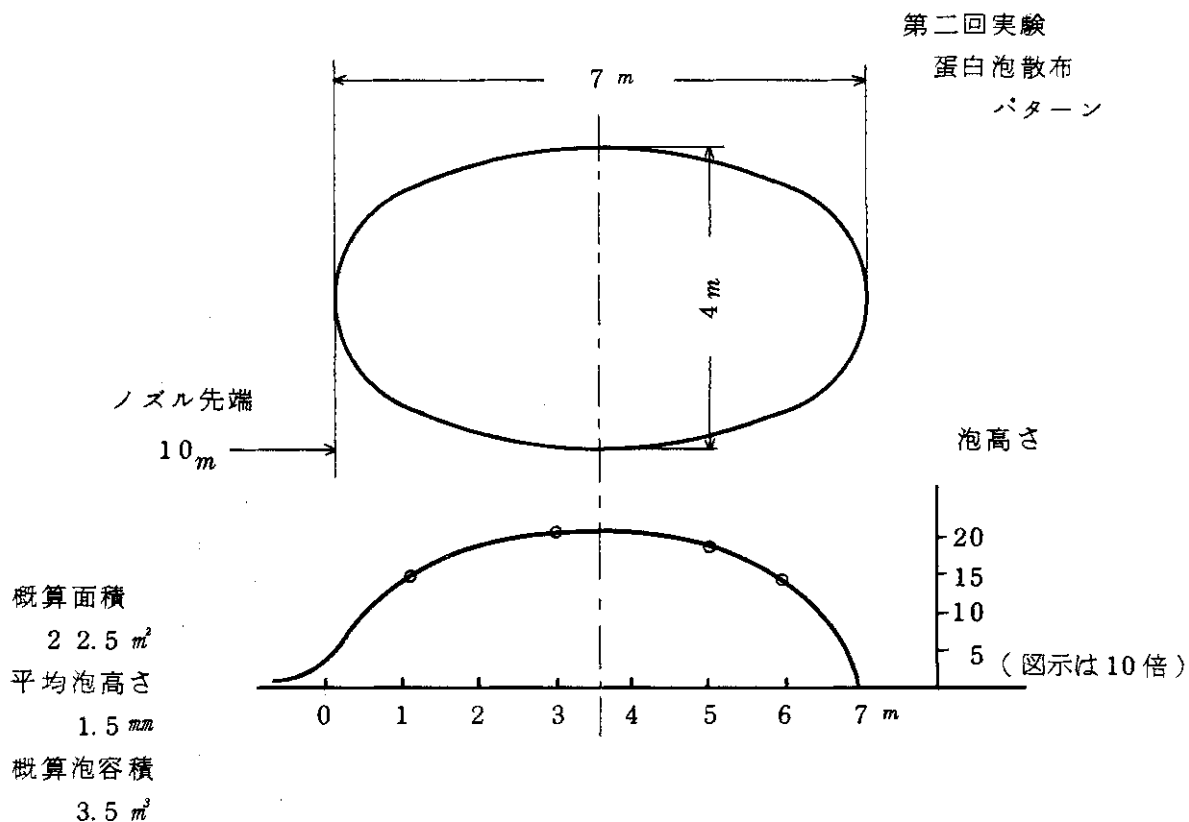
泡剤放出高度 40 m  
 泡剤溶液容量 300 lit  
 泡剤溶液タンク内圧 5.9Kg/cm<sup>2</sup>  
 放出ノズル型式 400lit型  
 （深田工業製）  
 放出ノズル指向 垂直下方  
 泡剤種類 蚤白泡剤3%型（深  
 田工業製）界面活性  
 泡剤6%型（3M社  
 製ライトウォーター  
 FC-194）



第16図 第一回消火泡剤地上放出実験



第17図 第二回消火泡剤地上放出実験



界面活性泡放出泡性状

放出泡は側風WNW 3.3 m/Sにて落下目標点を外れ散布した。また落下中の泡は小塊泡集団として落下。地上堆積泡は放出完了後目標点離脱時への吹降風によりその大部を飛散する (第18図)

蛋白泡放出泡性状

放出泡は側風WNW 4 m/Sを受け落下したが、へりの微小修整移動により目標点に接近落下した。また落下中の泡は、異常を示さず風下側への吹流れは前回より少ない。地上堆積泡はへりの場外離脱時の吹降風により損壊された。(第19図)

第3回実験

1. 放出は目標点直上40mに空中停止し目標点集中落下のため僅かに修整移動
2. 泡落下状況、放出時の散布パターンは前

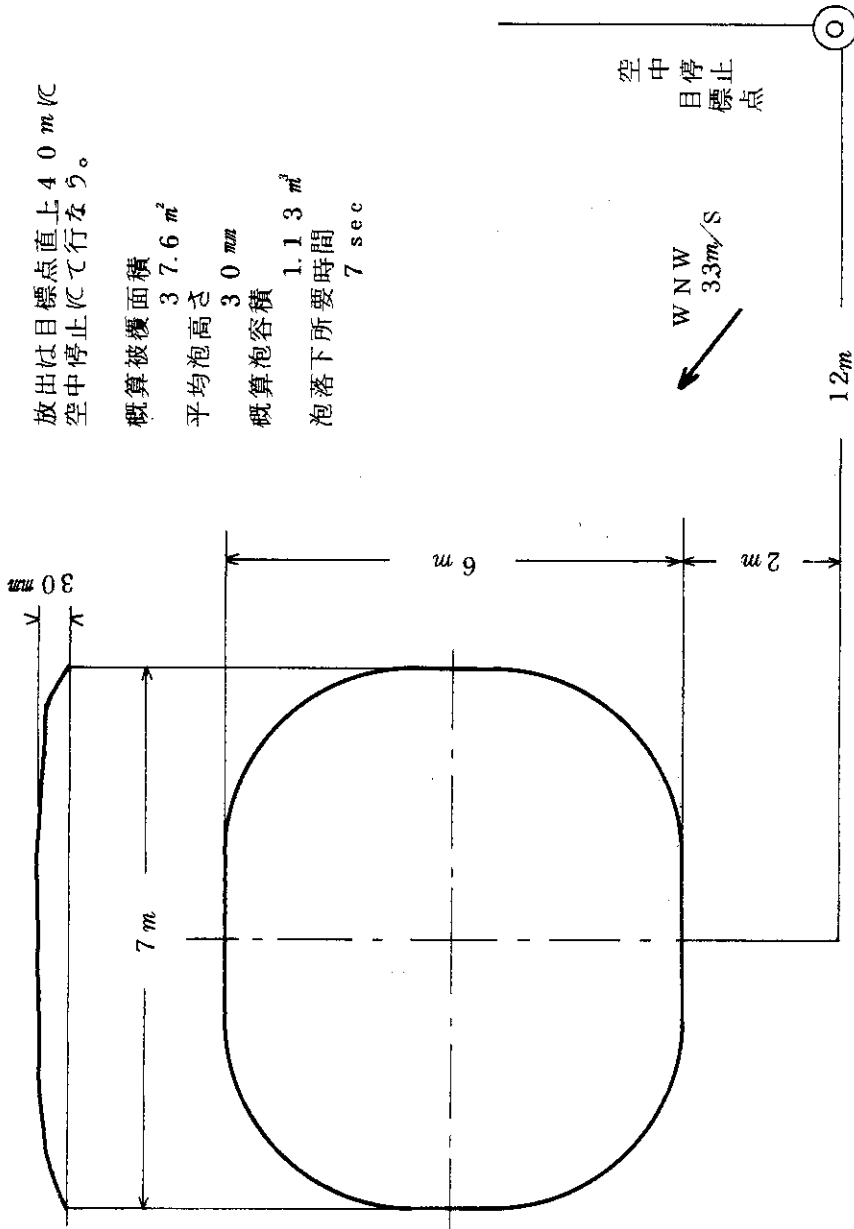
回と同様規模を示したがヘリコプターの場外離脱時その吹降し風により大部分を飛散しパターンの実測不能

C 消火泡剤空中放出による消火実験

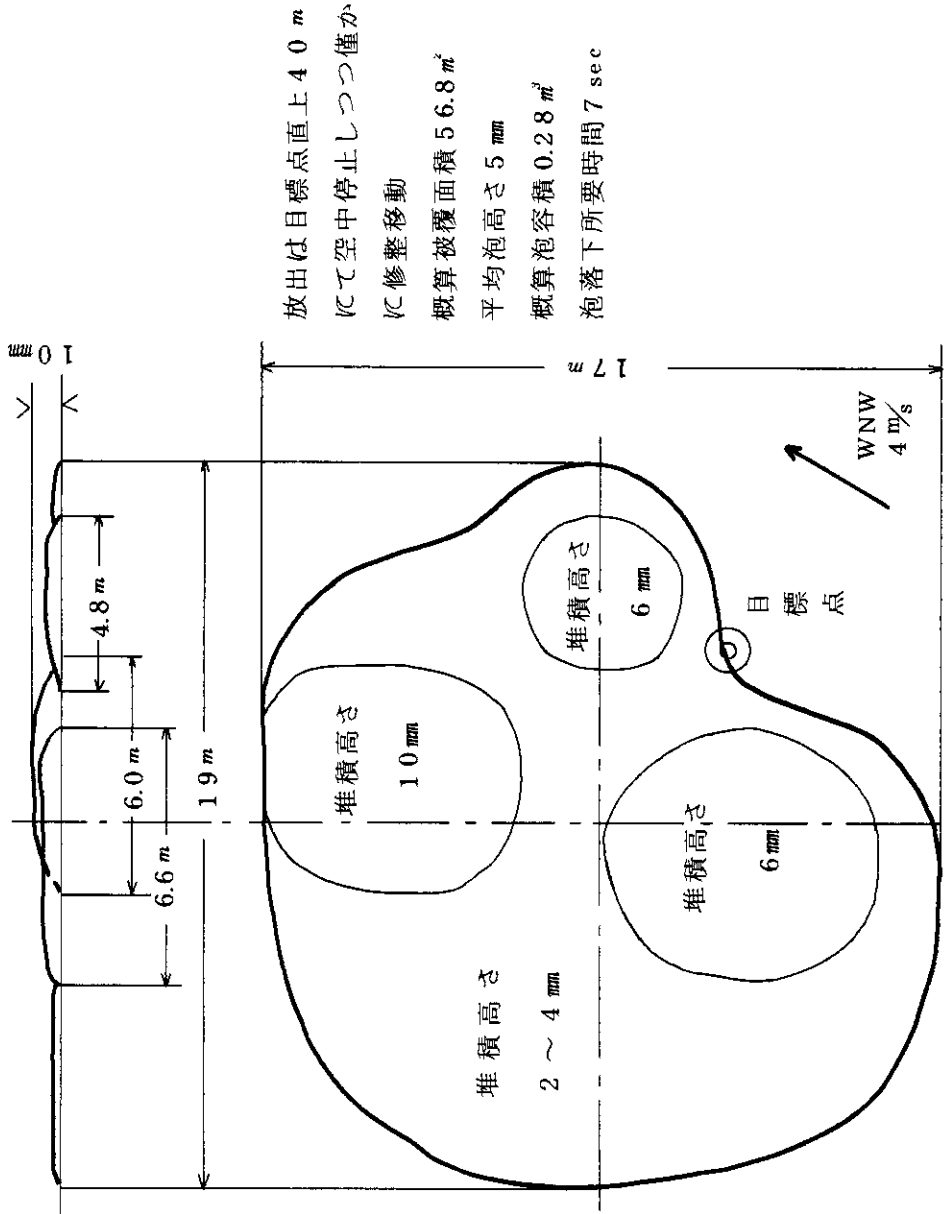
C-1 実験条件 次の諸条件にて2回の消火実験を行った。

- 1) 泡剤放出条件 300 lit  
泡剤溶液容量 5.9 kg/cm<sup>3</sup>  
泡剤溶液タンク内圧 400 lit (深田工業製)
- 供試泡剤種類 蛋白泡剤3%型 (深田工業製)  
界面活性泡剤6%型 (3M社製ライトウォーターFC-194)

第18図 第一回実験 界面活性泡散布パターン



第19図 第二回実験 蛋白泡散布パターン



放出は目標点直上40 m  
にて空中停止しつつ僅か  
に修整移動  
概算被覆面積56.8 m<sup>2</sup>  
平均泡高さ5 mm  
概算泡容積0.28 m<sup>3</sup>  
泡落下所要時間7 sec

第 20 図 第四回実験 蛋白泡散布パターン

第 4 回 実 験 (第 20 図)

蛋白泡散布パターン

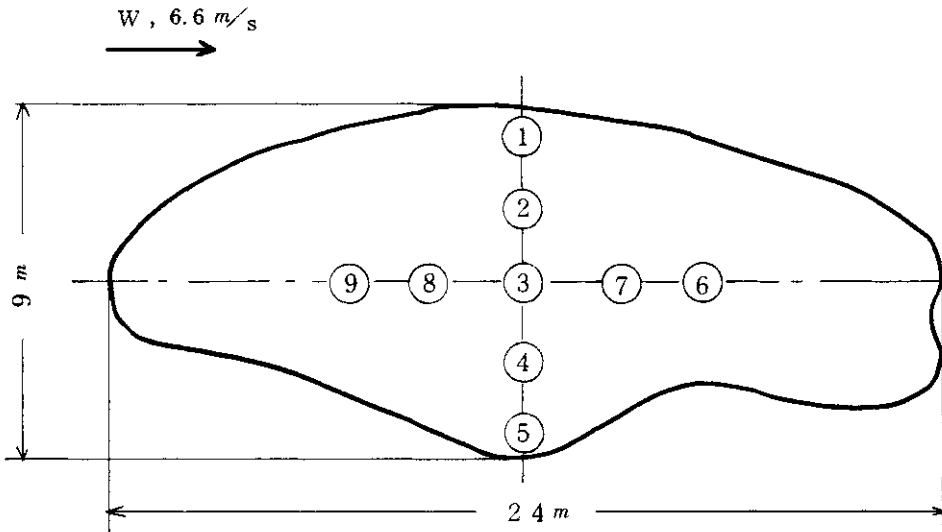
泡散布に当って地上 2 m 間隔に泡受け小型容器を 4 個配置した。  
 放出は No. 3 容器を目標とし、へりはその直上 40 m に修整移動し、  
 つつ放出。

概算被覆面積  $118 \text{ m}^2$

平均泡高さ  $15 \text{ mm}$

概算泡容積  $1.77 \text{ m}^3$

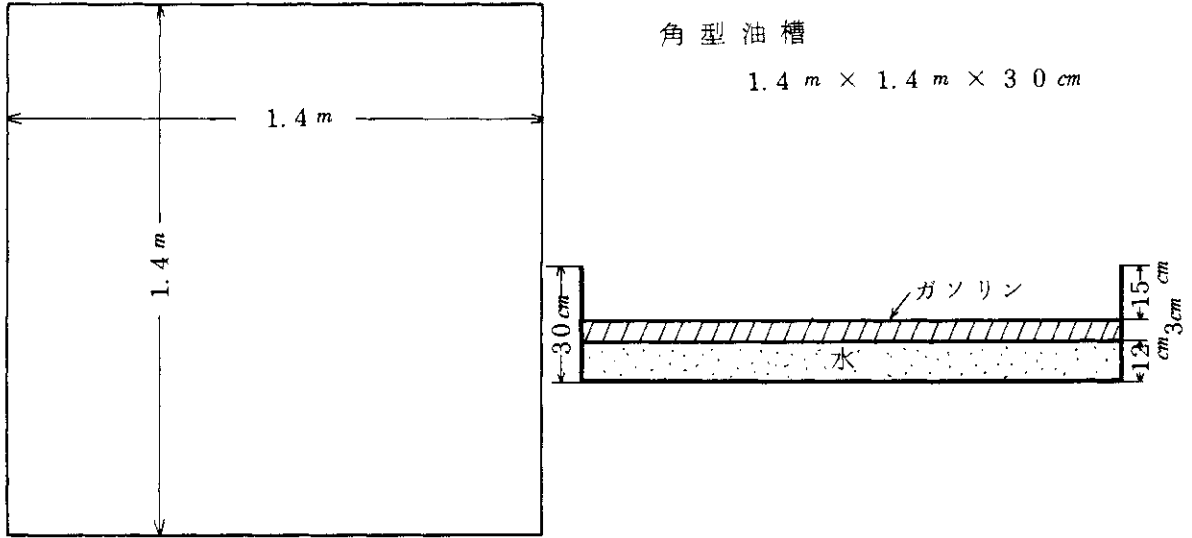
小型泡受け容器 直径  $22 \text{ cm}$  円筒



容 器 NO.	1	2	3	4	5	6	7	8	9
実測泡量 $gr$	10	20	20	10	5	30	20	20	20

第 21 図 消火対象火災規模図

消 火 対 象 火 災 規 模 図



2) 実験飛行条件

- 泡剤放出時高度 40 m (地上)
- 泡剤放出時飛行姿勢 直上空中停止によるが  
火点集中投射のため若干の修整移動

3) 消火対象火災条件 (第 21 図)

- 消火対象火災規模 油類模型火災 B-10 型 (自治省令に定める消火能力基準)
- 供試火災油槽 1.4 m x 1.4 m x 30 cm
- 供試火災燃料量 ガソリン 59 lit
- 油槽中水量 285 lit
- 供試火災面積 1.96 m<sup>2</sup> = 2 m<sup>2</sup>
- 予燃時間 80 sec

C-2 消火実験結果

第 1 回実験 界面活性泡剤による消火実験

- (1) 泡剤放出の風向、風速は W 6 ~ 4.7 m/S
- (2) ヘリコプター吹降し風と横流自然風による偏流のため、直下火点に放出泡剤の集中投射が阻害され、その大部が火点油槽中に注入し得なかった。
- (3) 投射中 2 ~ 3 回の僅かな泡剤注入により火勢は若干衰退の微をみせたが、泡消滅により再勢し、消火不能。

第 2 回実験 蛋白泡剤による消火実験

- (1) 泡剤放出時の風向、風速は、W 3 ~ 5 m/S
- (2) 泡剤投射状況は、前回と同様であり、泡剤種類の相異による効果の比較は全くみられず消火不能。

第 3 回 補足実験 前記 2 回実験と同様の対象火災規模に対しヘリコプター火点接近による火勢の対応を観測し、ヘリコプターの接近限界高度を求めた。

- (1) 高度 40 m にて、火勢に対する影響なし。
- (2) 高度 35 m を過ぎ高度低下に伴ない黒煙増加
- (3) 高度 30 m にて黒煙ますます増大し、火炎下部に散見する。
- (4) 高度 25 m にて、ヘリコプターの吹降し風急増し、黒煙急減とともに火炎増大し、中心火炎は白熱状況を示す。
- (5) ヘリコプター火点直上を離脱

2.8 実験結果の考察

A 消火泡剤地上放出実験 泡堆積状況は泡種類により若干の相異がある。蛋白泡は堆積の厚さ大であるが被覆面積小であり、界面活性泡は堆積

厚さ小であるが被覆面積大となる傾向を示す。その実測諸量は空中放出による泡堆積の比較基準として一般性を示した。

#### B 消火泡剤空中放出実験

- 1) ヘリの下降風と横自然風による放出泡の偏流により空中より泡放出は目標適中極めて難かしい。
- 2) 目標適中のためには空中ヘリの若干の前後左右修整移動を行なったが、完全適中は期待し得ない。
- 3) 空中放出の泡生成については、問題ないが、泡自体軽量の故に微弱な気流の影響を受け、落下時の損壊吹流れ、また地上堆積泡のヘリ離脱時の下降風による飛散、損壊が大きく、特に界面活性泡において甚だしい。
- 4) 散布パターンは地上放出時と全く相異し、周辺気流により不定であり、定型化の傾向を示さない。

#### C 消火泡剤空中放出による消火実験

- 1) 本来泡剤による油類火災消火は、油面上に泡の全面被覆堆積をもって可能とするが、そのためには、目標火点に集束適中を要し、上記諸頃より本実験では、消火不能であった。
- 2) 補足実験として泡の集束適中を容易にするための放出高度低下を試みたが、却って下降気流により火勢を強大にし、その影響限界高度は実験によれば、地上35mまでであった。

### 3 空中消火用機の飛行安全に関する研究

- (1) 消火液剤散布機の吹き流れ傾斜角について
- (2) 大震災時航空消防活動の限界条件の調査研究。

#### 3.1 消火薬液散布機の吹き流れ傾斜角について。

3.1.1 目的 空中消火のための消火薬液散布機は航空法規、消火技術等の関係から、ヘリコプター下部にワイヤー等で懸垂する方法がとられた。この場合ヘリコプターの飛行中風圧により或る速度以上では、散布機が過大に吹き流れ、機体後部に、接触損壊、或いはヘリ機体に異常振動を生ずる為、ヘリ航行に危険を招来する事が憂慮され、特に火災現場に急行する場合、液剤充填状態での散布機は問題ないが、散布後帰投時、軽量化した散布機が風圧の影響を大にし、このため安全限界機速を確定する必要がある。そこで実飛

行試験と併行しつつ安全限界機速と散布機吹き流れ傾斜角度について若干の計算および1/10模型による風洞試験を行い、これを基に実飛行試験により限界機速を確認した。

3.1.2 検討の経過 水のう型散布機の散布試験(昭和46年2月、陸自第1ヘリコプター団基地、木更津)に於て液剤投射後の飛行機速によっては散布機の吹き流れ傾斜角が稍過大であり危険域に接近する事が問題とされ、限界機速の確立検討を要する処となった。これに対し、その後種々検討の結果、2~3の数値計算、および所内風洞による1/10模型による風洞試験を行った。これら実験に基づき投射後も液剤の一部が散布機下端部に残留し(約65kg)バラストウェイトとする構造に一部改修し、その後の飛行試験により限界安定機速を60ktとする結論を得た。

#### 3.1.3 数値計算

##### A、各種数値

##### a 標準大気(高度600m)

$$\text{気温 } t \text{ } ^\circ\text{C} = 15 - 0.0065 \times 600 = 11 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\text{気圧 } P = 760 \left\{ 1 - (0.0065/288) \times 600 \right\} 5.253 = 707.473 \text{ mm/Kg}$$

$$\text{空気密度 } \rho = 0.13177 \times \left\{ 273.16 / (273.16 + 11.1) \right\} \times 707.473 / 760 = 1.808 \times 10^{-6} \text{ Kg-S/m}^3$$

$$\text{動粘性係数 } \gamma = \mu/S = 1.808 \times 10^{-6} / 0.11788 = 1.5338 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{sec}$$

b 散布機各部重量 投影面積および支点より投影図心距離を次表に示す。

部 位	重 量 Kg	投影面積 $m^2$	支点距離 $m$
吊 索(ワイヤロープ)	7.2	0.126	4.17
重 錘(ロープ附 属)	1.45	0.00497	7.96
頂 部	10.8	0.0181	8.18
水 の う 本 体	11.5	1.08	9.895
残 留 水	6.5		10.095
放 出 部	32.5	0.106	10.45
計	128.45	1.335	

吊索、重錘は風圧に関連薄しとして省略風圧関連重量 $\div 120\text{Kg}$

c 抗力係数  $C_D$

(1) 吊索(ワイヤロープ)

$$Re = \frac{30.864 \times 0.016}{(1.5338 \times 10^{-5})} = 32196 / 60 \text{ kt}$$

故に  $C_D$  は丸棒の場合と同等とし(図表より)  $C_D \div 1$

(2) 重錘(ワイヤロープ附属)

実験値  $C_D = 0.65$

(3) 頂部

実験値  $C_D = 0.58$

(4) 水のう本体(傾斜角 約  $35^\circ$  と仮定)

$$Re = \frac{v \ell}{r} = \frac{30.864 \times 1.9}{(1.5338 \times 10^{-5})} = 3.82 \times 10^6$$

(5) 放出部

$\ell/d$  により  $C_D = 0.6 \sim 0.5$

d ベクトル合成法による計算

(1) 計算式

$$R = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V^2 \cdot C_D \cdot S \text{ ただし } R;$$

風圧低抗、 $V$ ; 大気相対速度、 $\rho$ ; 大気密度、 $C_D$ ; 低抗係数、 $S$ ; 風圧を受ける散布機の投影面積

(2) 各部の低抗

1 吊索(ワイヤロープ)

$$R = 0.5 \times 0.11787 \times V^2 \times 1 \times 0.126 =$$

4.912 (50kt)  
7.97 (60kt)  
9.62 (70kt)

2 重錘(ワイヤロープ附属)

$$R = 0.5 \times 0.11787 \times V^2 \times 0.65 \times 0.00497 =$$

$$0.198\text{Kg} (50\text{kt})$$

$$0.279\text{Kg} (60\text{kt})$$

$$0.379\text{Kg} (70\text{kt})$$

3 頂部

$$R = 0.5 \times 0.11787 \times V^2 \times 0.58 \times 0.0181 =$$

$$0.409\text{Kg} (50\text{kt})$$

$$0.589\text{Kg} (60\text{kt})$$

$$0.801\text{Kg} (70\text{kt})$$

4、水のう本体

$$R = 0.5 \times 0.11787 \times V^2 \times 1.1 \times 1.08 =$$

$$4.6361\text{Kg} (50\text{kt})$$

$$6.6695\text{Kg} (60\text{kt})$$

$$9.0739\text{Kg} (70\text{kt})$$

5、放出部

$$R = 0.5 \times 0.11787 \times V^2 \times 0.65 \times 0.106 =$$

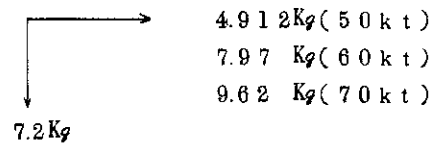
$$2.686\text{Kg} (50\text{kt})$$

$$3.868\text{Kg} (60\text{kt})$$

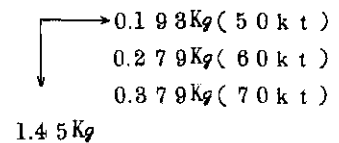
$$5.262\text{Kg} (70\text{kt})$$

e 力の合成 (第22図)

(1) 吊索(ワイヤロープ)

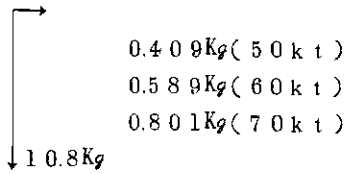


(2) 重錘(ワイヤロープ附属)

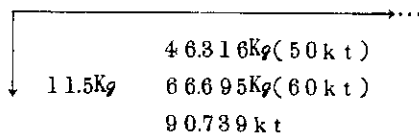




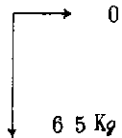
(3) 頂部



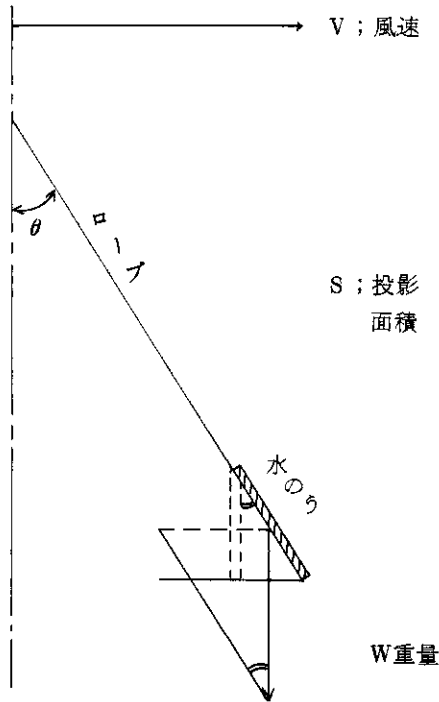
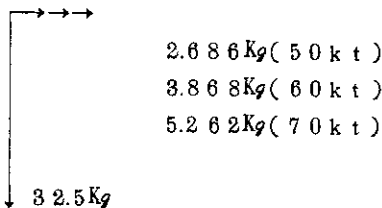
(4) 水のう本体



(5) 液剤



(6) 放出部



b 各種機速Vのときのθの計算値

V = 40, 60, 70 kt, W · ρ · C<sub>D</sub> · Sの値は前記ベクトル計算値と同様。以上により計算したθの値

機速 V kt	70	60	70
傾斜角 θ°	14° 43'	28° 22'	34° 28'

c 計測結果の数値 V<sub>0</sub> は前記計算結果を用いた。

計測番号	V <sup>m</sup> /sec	θ°	V kt	備考
1	7.4	9.5	29	
2	9.5	15.5	38	
3	10.	19.	40	
4	14.4	26.5	58	ロープ長さ 370mm
4'	14.4	26.5	58	ロープ長さ 1300mm
5	17.7	37.5	71	

d 水のう散布機の吹き流れ傾斜角総合結果

(1) ベクトル合成法による計算結果に比し若干そ

註 上記ベクトル図は各部位毎に比例を示すが各部相互の相関比例は示していない。

### 3.1.4 水のう型散布機の風圧抵抗を基にした計算

a 計算式 右図の如き状態を考える。即ち投影面積Sの物体が、風速Vを受け傾斜角θの吹流れを生じたとすると、次式が成り立つ。

$$R \cos \theta = W \tan \theta \quad R: \text{抗力 ただし、}$$

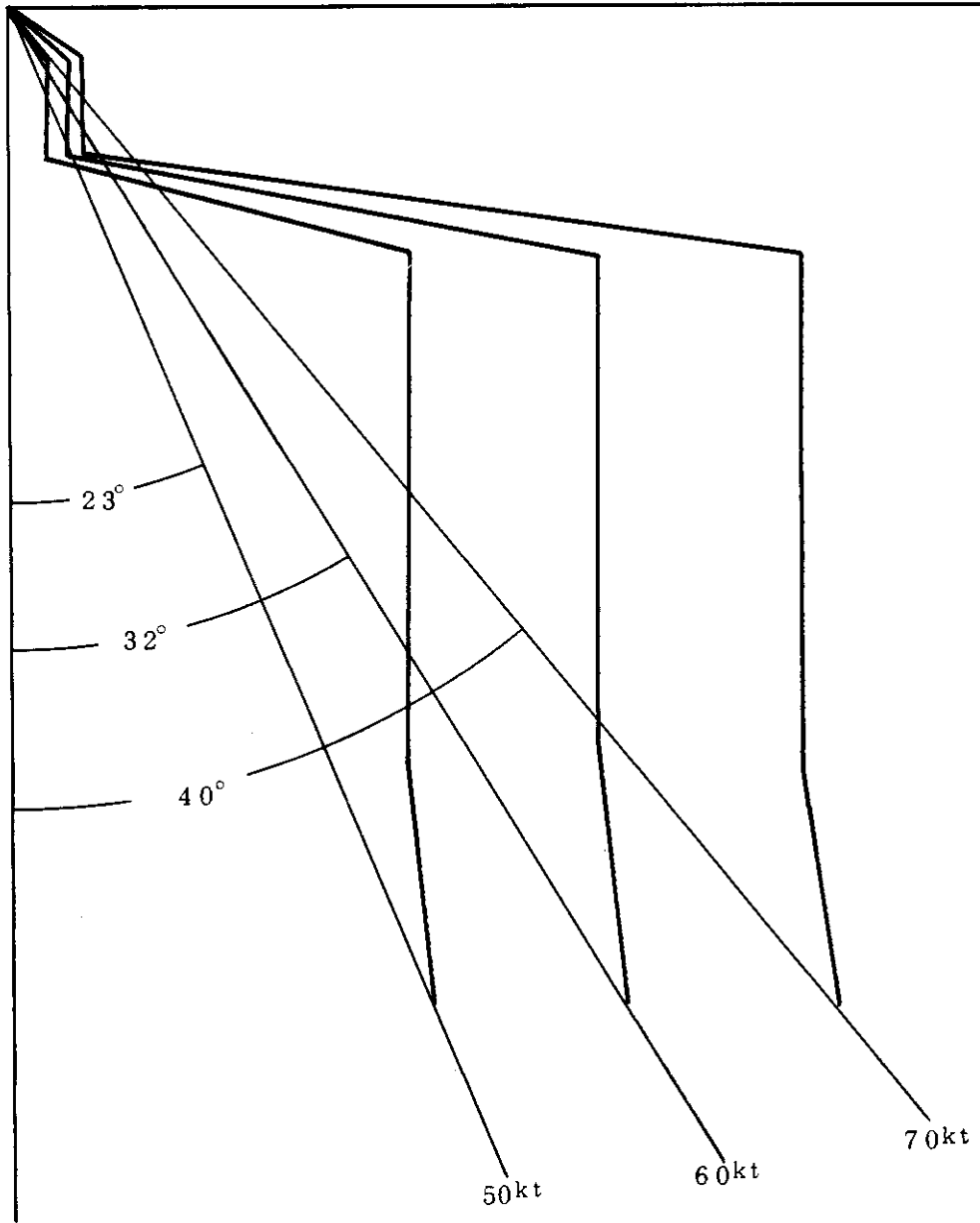
$$R = \frac{1}{2} \cdot \rho V^2 \cdot C_D \cdot S \quad \text{変形して}$$

$$\sin \theta = \{-W + \sqrt{W^2 + 4R^2}\} / 2R$$

上式にRを代入すると

$$\sin \theta = \frac{-W + \sqrt{W^2 + 4 \left( \frac{1}{2} \cdot \rho V^2 \cdot C_D \cdot S \right)^2}}{\rho V^2 \cdot C_D \cdot S}$$

第22図 ベクトル合成図



前記各部位のベクトルを合成すると上図となり、図より機速に対する傾斜角を求めると次のとおりとなる。

機速 $v^{kt}$	50	60	70
傾斜角 $\theta^\circ$	23	32	40

註 ヘリコプターの下降風による影響は省略した。

の数値は大きい。

(2) 風圧抵抗を基にした計算結果と風洞試験による結果はほとんど一致した。

(3) 上記より風洞試験結果を基として実飛行実験により実用飛行機速限界を検討するものとした。

### 3.1.5 1/15型による風洞試験

a 計算式 質量、速度の関係として次式を用いた。

$$W = K \cdot R \cdot \rho \cdot V^2 \cdot S \quad (K: \text{常数})$$

実機の数値をW。V。S。とし、風洞試験による数値をW<sub>0</sub>、V<sub>0</sub>、S<sub>0</sub>とすると

$$V = V_0 \sqrt{(W_0 / W) \cdot (S / S_0)} = V_0 \sqrt{(120 / 0.3) \times (1.223 / 1.223 \times 10^{-2})}$$

$$= 2 V_0$$

b ロープ長さの影響 風洞規模の制限から、ロープ長さL=370mmとした。ロープ長さは水の散布機の吹き流れ傾斜角に直接的影響を生じないとしたが、確認のためその長さを370mm、1300mmの2種として比較実験を試みたが、結果は全く同一であった。

### c 計測法および結果

供試風洞 吸出口 600mm×600mm ゲッチェン型(消研、小型風洞)

風速測定 熱線風速計(日本科学工業製 AM-B10型)

計測は各種風速変化に対する吹き流れ傾斜角を測定し、写真撮影記録をした。(写真8~13)(第23図)

## 3.2 大震火災時航空消防活動の限界条件の調査研究

火災上空を航空機が飛行する場合の危険は大略2種に区分される。

1. 火災による熱気流、乱流、煙による視界障害。

2. 航空機自体の耐熱、耐煙性

1については火災及び小規模の中は炎上危険空域を避けて飛行し、可能な消防活動を原則とし、火災が順次拡大するに従ってその活動空域は縮小し、遂に火災が大規模に発展し、火災合流、火災旋風、火災による積乱雲形成等に至る時点ではその上空に安全空域を失ない飛行不能とならざるを得ない。

得ない。

そこで本調査研究では、火災発生から飛行不能となる火災規模までの時間的限界を主として調査検討するものとした。

### 3.2.1 過去の地震火災による同時多発火災事例の調査に基づく検討

地震に基づいた大火事例の中、主なるものを次に示す。

	発生日	焼失戸数	同時多発箇所
関東大震災火災	大正12年 9月1日	381000戸	不明
福井地震火災	昭和23年 6月28日	2409戸	7ヶ所
新宮地震火災	昭和21年 12月21日	2598戸	1ヶ所

上記から関東大震災、福井地震火災を対象として火災旋風発生時点の調査を行い、次の結果を得た。

火災発生より旋風発生までの経過時間

関東大震災火災	大略	4時間
福井地震火災	大略	3時間

(災害科学研究会、大火調査資料、1954による)

### 3.2.2 火災合流による火災気流の激化

同時多発火災においてその発展過程に一火災地区と他火災地区との接続合流は一段と火災を激化し、合流による周辺よりの吸引風の増大、これによる上昇熱気流の激化を生じ、全火災域上空の気流環境は急激に強大になる。

地区火災の大小にも因るが、これら火災合流時点をもって飛行不能限界と仮定し、その発生時点の調査を試みたが、過去の大火事例からのこれら資料は寡少にして、区間であり、結論を得ず今後の検討にまつものとした。

### 3.2.3 吹風による熱気流傾斜

火災炎上時熱風の強さ(風速)が大きい程、熱気流や煙の流動傾斜は大きく火炎直上への炎上熱煙は少なくなる。従って直上飛行の可能性は高くなるが反面、直上飛行航空機への熱放射は大きくなり、火点接近高度はこのため限定される。

限定高度は火災規模に応じて相異なるが、火災規模に対応する放射熱強度の相関により求められる。

これら相関を求めるための準拠資料として次の文献を選出したが、文献は石油タンク火災のものであり、本件の場合と相異すると考えられ、適用を可能としてもなお若干の検討を経由する必要から今回は具体的計算を取って省略した。

#### 文献

a 油タンク火災におけるふく射熱 湯本太郎 安全工学VOL. 10、№3、(1971)

b 東京区物における大震火災時の焼止りに関する調査研究 浜田稔、鈴木唯一郎 昭和49年度研究発表概要集(日本火災学会)

#### 3.2.4 航空機自体の耐熱、耐煙性

a 耐熱性 一般に航空機製造に当っての耐熱性附与は次の温度範囲をもって基準としている。

温度範囲  $-30^{\circ}\text{C}\sim+50^{\circ}\text{C}$  (国際航空機製造基準による)

これら温度範囲設定の根拠は主として寒地熱帯地でのエンジン特性保持(寒地での潤滑油凍結現象、熱地でのペーパーロック現象)を基にし、このほか構成材質に及んでいる。

ヘリコプターにおいて熱気中飛行はエンジン冷却不良、出力低下による故障危険のほか、キャビン周辺風防に使用する透視アクリライトの加熱変形による離脱等直接的危険に招来し、元来 $+50^{\circ}\text{C}$ 以上の熱環境下の飛行は不可としており、多額の経費をもってする耐熱性附与もまた経済性の上から本来不可能である。

b 耐熱性 高々度飛行の商業用機は外気低圧に対し、室内気密とし加圧するために煙の侵入はない。しかし一般の軽飛行機、ヘリコプターにあつてはこの配慮は全くなく、耐煙性は皆無と云える。機体の改修による煙侵入防除は不可能ではないが、多額の経費を要し、たとへ侵入を防除し得たとしても煙による視界障害は飛行の致命的障害であり、現在その対策はない。

#### 3.2.5 調査研究の考察

1. 航空機自体の耐熱性は $+50^{\circ}\text{C}$ を限度とし、また耐煙性は視界障害とともに全くない。このため濃煙熱気中侵入飛行活動は不可能である。

2. 従つて大震火災時はこれを避けての消防活動のみに制約される。

3. 初期同時多発時点での航空機による消防活動は可能としても、火災発展の中期段階以後は

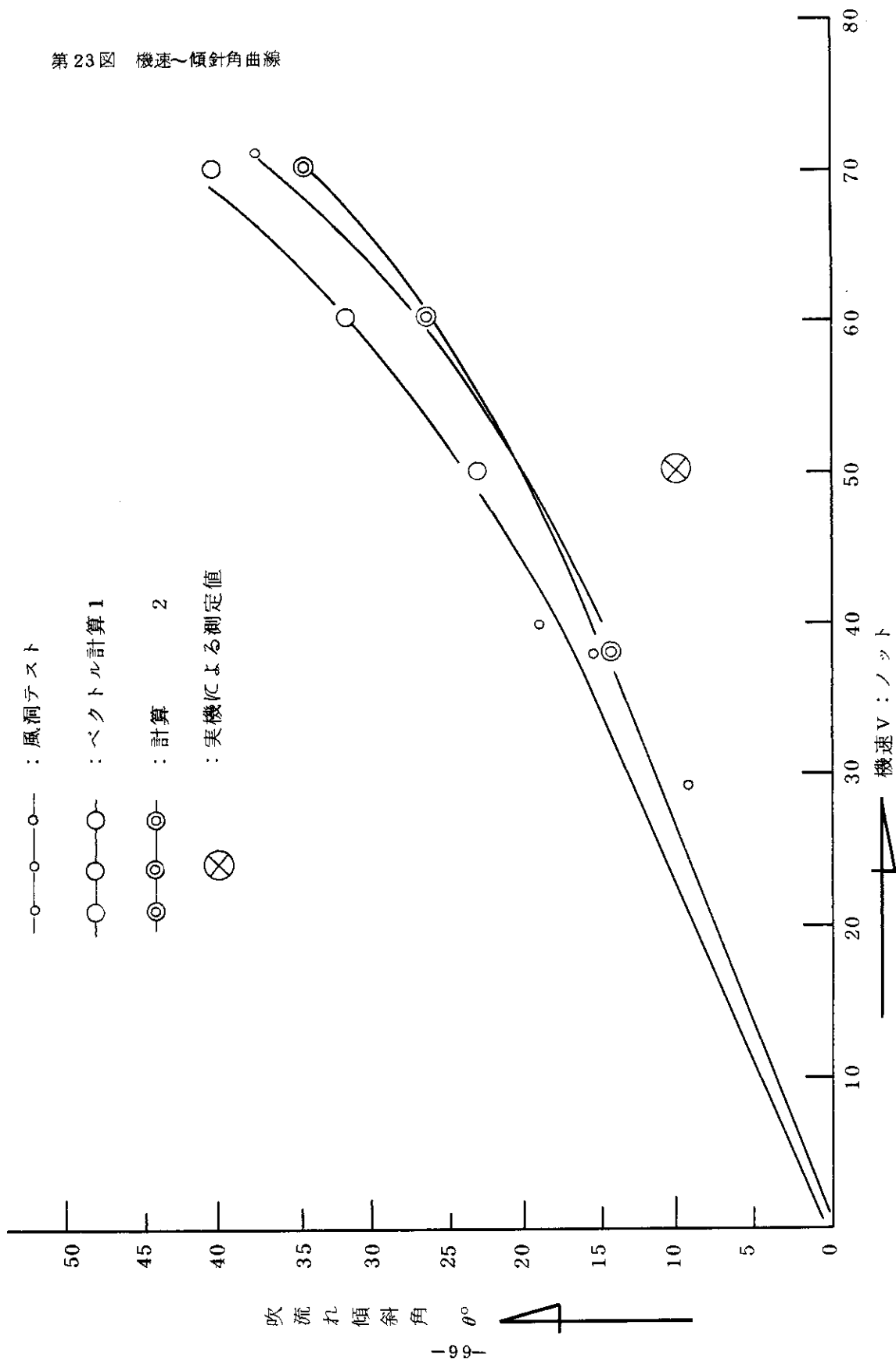
飛行不能とならざるを得ない。

4. 中期段階としての時限設定は種々に考えられるが火災旋風発生時点とすれば、発生より3~4時間後までとする。

5. 火災合流時点による時限設定は資料不足の故に結論を得るに至らなかった。

6. 吹風による熱気流傾斜時の直上飛行は可能であるが、接近高度の限定は火災規模とふく射相関により求める目途を得た。(ただし算出のための準拠文献選出のみにとどめた。)

第23図 機速～傾斜角曲線



写真番号: №1

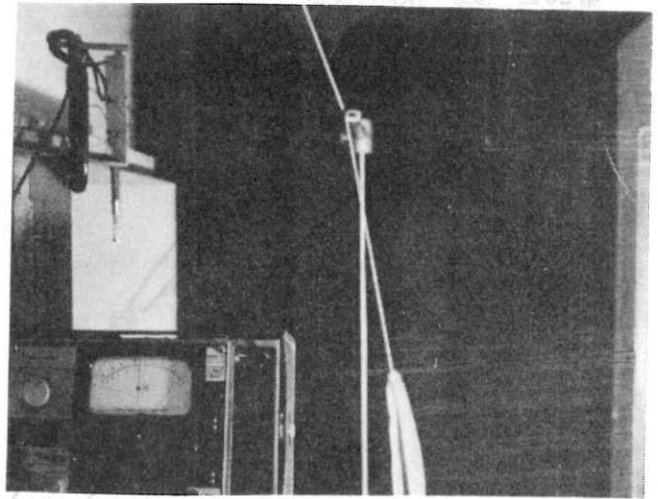
風速  $V$ :  $7.4m/sec$

傾斜角  $\theta$ :  $9.5^\circ$

機速  $V_0$ :  $29.5KNT$

ロープ長さ  $L$ :  $370m/m$

(写真-8)



№ 2

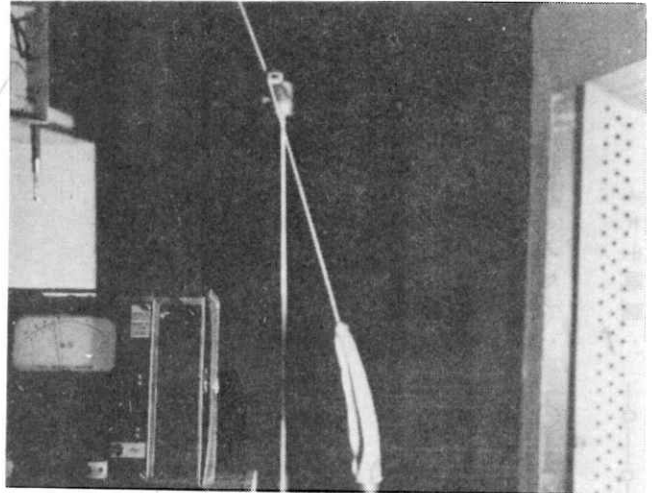
$V$ :  $9.5m/sec$

$\theta$ :  $15.5^\circ$

$V_0$ :  $38KNT$

$L$ :  $370m/m$

(写真-9)



№ 3

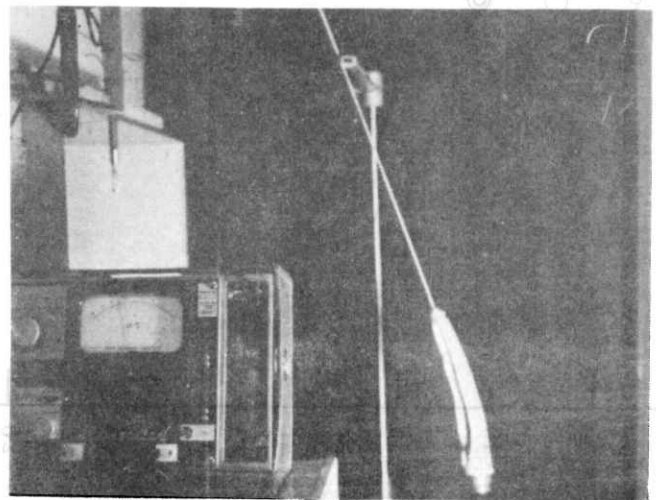
$V$ :  $10m/sec$

$\theta$ :  $19^\circ$

$V_0$ :  $40KNT$

$L$ :  $370m/m$

(写真-10)



№. 4

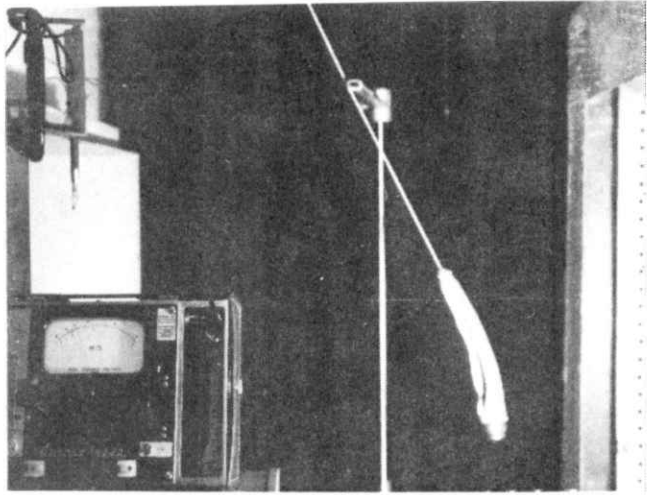
V : 14.4m/sec

O : 26.5°

V<sub>0</sub> : 57.5KNT

L : 370m/m

(写真-11)



№. 4'

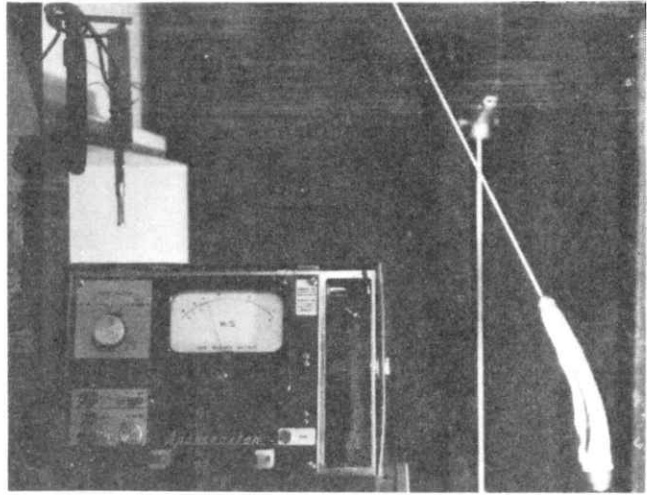
V : 14.4m/sec

O : 26.5°

V<sub>0</sub> : 57.5KNT

L : 1300m/m

(写真-12)



№. 5

V : 17.7m/sec

O : 37.5°

V<sub>0</sub> : 71KNT

L : 370m/m

(写真-13)

